



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

EXPOSIÇÃO DE CONDUTORES DE AUTOCARROS A RUÍDO E VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO

Ana Filipa Azevedo Teixeira

Orientador: Professora Maria Luísa Pontes da Silva Ferreira de Matos.....(Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador: Professor João Manuel Abreu dos Santos Baptista.....(Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Professora Doutora Emília Rosa Quelhas Moreira da Costa

Presidente do Júri: Professor Doutor António Carlos Sepúlveda Machado e Moura (FEUP)

2017



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telephone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação só foi possível graças ao contributo, imprescindível, de diversas pessoas, que permitiram que os objetivos por mim definidos fossem alcançados. Assim, não poderia não deixar uma palavra de agradecimento e apreço a essas pessoas:

A Professora Maria Luísa Matos, pela paciência e disponibilidade demonstrada no decorrer da dissertação, assim como, pela constante preocupação e interesse em transmitir o máximo de conhecimentos, que possibilitou alcançar o tão desejado objetivo.

A minha mãe e o meu pai, pelo apoio incondicional, confiança e incentivo que permitiram nunca desistir de alcançar os melhores resultados possíveis.

Os meus amigos Mariana e Ricardo, pela compreensão, pela amizade e constantes momentos de alegria e descontração que me deram força para superar as situações menos boas e as adversidades encontradas ao longo deste percurso académico.

Aos meus colegas de trabalho da Ordem dos Engenheiros que sempre revelaram uma enorme compreensão e apoio.

RESUMO

Os motoristas de autocarros urbanos estão constantemente expostos a ruído e a vibrações mecânicas que se transmitem ao corpo inteiro (VCI) e que podem conduzir a problemas de saúde graves, como perda auditiva e o desenvolvimento de doenças musculoesqueléticas. Para além disso, a exposição continua a estes fatores é, muitas vezes, causadora de incómodo, distúrbios do sono, fadiga, depressão, incapacidade de concentração nas tarefas, *stress*, entre outros.

Assim sendo, pretende-se com este trabalho estudar o perfil de exposição a ruído e vibrações de corpo inteiro dos condutores profissionais de autocarros do tipo *standard*. Para tal, procedeu-se à identificação de padrões de ruído e VCI, em duas linhas, tendo em consideração o tipo de piso (asfalto ou empedrado) e as principais fontes de exposição estabelecendo, sempre que possível, uma correlação entre o ruído e vibrações ao longo dos percursos analisados. Procedeu-se ainda à avaliação do efeito da transmissibilidade pela superfície do assento do autocarro (SEAT) e do efeito sobre a coluna lombar (S_{ed} e R).

O estudo envolveu dez condutores e dois percursos, C e D. No caso do ruído, a metodologia utilizada para tratamento dos dados recolhidos foi a prevista na norma NP EN ISO 9612:2011, em complemento com a informação disponível no Decreto-Lei n.º 182/2006. No caso das VCI, as medições foram realizadas de acordo com a ISO 2631-1 (1997) para o cálculo da exposição diária, A(8), e a ISO 2631-5 (2007) para o cálculo do parâmetro SEAT e o parâmetro S_{ed} e R. O cálculo das incertezas teve como base o modelo matemático definido no Guia Relacre 21.

A análise dos fenómenos monitorizados durante os percursos em estudo permitiu observar que, os níveis sonoros a que os motoristas estão expostos são menores nas situações em que estes circulam com baixas velocidades ou quando se encontram parados, nomeadamente, em semáforos ou em situações de trânsito. Por outro lado, não foi possível constatar diferenças significativas na exposição ao ruído tendo em consideração o tipo de pavimento. No entanto, este parâmetro já teve maior relevância na exposição a vibrações, onde se constatou que piso empedrado, irregular ou a presença de lombas origina picos de aceleração, predominantes no eixo do z.

A ocorrência de fenómenos sonoros como buzinar, a passagem de ambulâncias em serviço de emergência ou a entrada e/ou saída de passageiros, também permitiu observar picos nos níveis sonoros a que estão expostos estes profissionais.

Relativamente, à avaliação da exposição ao ruído foram analisados dois parâmetros $L_{EX,8h}$ e L_{Cpico} . Não se constatarem situações em que fosse necessário a adoção de medidas preventivas, uma vez que, os valores de $L_{EX,8h}$ variaram entre 70.8 dB(A) e 75.6 dB(A), já com a incerteza associada, e os valores de L_{Cpico} variaram entre 115.7 dB(C) e 127.8 dB(C).

Quanto à exposição a VCI, os parâmetros avaliados foram A(8), SEAT e R. No caso do A(8) verificou-se que os valores variaram entre 0.155 m.s⁻² e 0.226 m.s⁻² (já considerando a incerteza). Para o parâmetro SEAT constatarem-se valores inferiores a 100%, com exceção dos condutores D e E do percurso D. Por fim, o parâmetro R, que determina a probabilidade de efeitos adversos na saúde devido à exposição às vibrações, verificou-se que, todos os motoristas, com exceção do condutor F do percurso D, que apresenta um R igual a 0.8 (probabilidade moderada), revelaram um R inferior a 0.8 (probabilidade baixa).

Palavras-chave: ruído, vibrações de corpo inteiro, motorista, autocarro e exposição.

ABSTRACT

Urban bus drivers are constantly exposed to occupational noise and mechanical vibrations that are transmitted to the whole body (WBV) which can lead to serious health problems, such as hearing loss and the development of musculoskeletal diseases. In addition, continuous exposure to these factors is often a cause of discomfort, sleep disturbances, fatigue, depression, inability to focus on tasks, stress, and so on.

Therefore, this work aims to study the exposure profile of occupational noise and WBV in the standard bus drivers. For this purpose, noise and WBV patterns were identified in two lines, taking into account the type of pavement (asphalt or brick) and the main sources of exposure, establishing, whenever possible, a correlation between occupational noise and vibrations along the routes analysed. The effect of Seat Effective Amplitude Transmissibility (SEAT) and daily equivalent static compression dose (S_{ed} and R) was also evaluated.

This study involved ten drivers and two routes, C and D. In the case of occupational noise, the methodology used to treat the collected data was provided in the NP EN ISO 9612: 2011, in addition to the information available in Decree-Law n.º 182/2006. In the case of WBV, measurements were taken according to ISO 2631-1 (1997) for daily exposure calculation, A(8), and ISO 2631-5 (2007) for the calculation of the SEAT parameter and the S_{ed} and R parameters. The calculation of uncertainties was based on the mathematical model defined in the Guia Relacre 21.

The analysis of the phenomena identified during the courses made it possible to observe that the equivalent sound level to which drivers are exposed is lower in situations where they travel at low speeds or when they are stopped, such as in traffic lights or in traffic situations. On the other hand, it was not possible to verify significant differences in the exposure to occupational noise considering the type of pavement. However, this parameter reveals greater relevance in the exposure to vibrations, where it was found that in brick, bumps and uneven asphalt acceleration levels were higher, especially in the z-axis.

The occurrence of sound phenomena, such as horns, ambulance passage in emergency service and the entry and/or exit of passengers, also allowed observing peaks in the sound levels to which these professionals are exposed.

As regards to the assessment of the occupational noise exposure, two parameters were analysed, $L_{EX,8h}$ and L_{Cpeak} . There were no situations where preventive measures were necessary, since $L_{EX,8h}$ values ranged from 70.8 dB(A) to 75.6 dB(A) (already considering the uncertainty) and the values of L_{Cpeak} varied between 115.7 dB(C) and 127.8 dB(C).

Regarding WBV exposure, parameters evaluated were A(8), SEAT and R. In the A(8) parameter it was verified that the values varied between 0.155 m.s^{-2} and 0.226 m.s^{-2} (already considering the uncertainty). For SEAT parameter, values lower than 100% were observed, with the exception of conductors D and E in the D line. Finally, parameter R, which determines the probability of adverse effects on health due to exposure to vibrations, it was verified that, all drivers, except driver F in the D line, who has an R equal to 0.8 (moderate probability), showed an R lower than 0.8 (low probability).

Keywords: noise, whole body vibrations, driver, bus and exposition

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Apresentação ao tema.....	3
1.2	Objetivo geral	6
1.3	Organização da dissertação	6
2	ESTADO DE ARTE.....	9
2.1	Apresentação da entidade	9
2.2	Enquadramento Legal e Normativo.....	10
2.3	Conhecimento Científico.....	12
2.3.1	Ruído	14
2.3.2	Fisiologia do ouvido humano.....	16
2.3.3	Causas de ruído em autocarros.....	17
2.3.4	Metodologias de avaliação da exposição a ruído	18
2.3.5	Medidas preventivas e de controlo do ruído	21
2.3.6	Vibrações de Corpo Inteiro	22
2.3.7	Causas de VCI em autocarros	24
2.3.8	Metodologias de avaliação da exposição a VCI.....	24
2.3.9	Medidas preventivas e de controlo de VCI.....	28
2.3.10	Efeito combinado da exposição a ruído e VCI.....	29
2.3.11	Metodologias de avaliação da exposição a ruído e VCI	31
3	OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	Objetivos da Dissertação	35
3.2	Materiais e Métodos	35
3.2.1	Equipamento de medição de ruído utilizado	35
3.2.2	Equipamento de medição de vibrações de corpo inteiro utilizado.....	36
3.2.3	Metodologia para recolha dos dados. Caracterização dos percursos, motoristas e autocarros.....	37
3.2.4	Metodologia para tratamento dos dados.....	44
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	47
4.1	Dados monitorizados para o cálculo da exposição ao ruído.....	47
4.2	Cálculo de incertezas associadas ao ruído.....	50

4.3	Dados monitorizados para o cálculo da exposição a VCI.....	51
4.4	Cálculo de incertezas associadas às VCI.....	52
4.5	Avaliação dos efeitos na coluna lombar.....	53
4.6	Identificação de padrões de ruído e vibrações.....	55
4.7	Comparação dos resultados obtidos com outros autores.....	62
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	65
5.1	Conclusões.....	65
5.2	Perspetivas Futuras.....	66
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIA.....	69
7	Anexos.....	1
	Anexo I – Exemplar da folha de campo para o percurso C.....	1
	Anexo II – Exemplar da folha de campo para o percurso D.....	9
	Anexo III – Exemplo de Cálculo de Incerteza associada ao parâmetro $L_{EX,8h}$	17
	Anexo IV – Exemplo de Cálculo de Incerteza associada ao parâmetro A(8).....	19
	Anexo V – Identificação de fenómenos e padrões de ruído e vibrações.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1– Principais problemas identificados na UE-27 nos ambientes de trabalho.	3
Figura 1.1.2 – Evolução das viagens por meio de transporte.	3
Figura 2.3.1 – Diagrama PRISMA 2009.	13
Figura 2.3.2 – Limiar da audição.	15
Figura 2.3.3 – Termómetro acústico.	16
Figura 2.3.4 – Constituição do ouvido humano	16
Figura 2.3.5 – Sistema mecânico simplificado do corpo humano	22
Figura 2.3.6 – Direção dos sistemas de coordenadas para as vibrações mecânicas.....	23
Figura 3.2.1 – Ilustração do sonómetro 01dB Blue Solo e o seu posicionamento no autocarro...	36
Figura 3.2.2 – Ilustração do analisador de vibrações e o seu posicionamento no autocarro.....	37
Figura 3.2.3 – Ida (lado esquerdo) e Volta (lado direito) do Percurso C	38
Figura 3.2.4 – Ida (lado esquerdo) e Volta (lado direito) do Percurso D	39
Figura 3.2.5 – Distribuição da amostra de motoristas por género.....	42
Figura 3.2.6 – Distribuição da amostra de motoristas por idade.....	42
Figura 3.2.7 – Distribuição da amostra de motoristas por nível de escolaridade.....	42
Figura 3.2.8 – Distribuição da amostra de motoristas por tempo ao serviço na empresa em estudo	43
Figura 3.2.9 – Ilustração do autocarro tipo <i>Standard</i>	43
Figura 4.6.1 – Análise do espectro da monitorização LC por tipo de piso.	55
Figura 4.6.2 – Análise do espectro da monitorização LC por tipo de fonte.....	56
Figura 4.6.3 – Análise do espectro da monitorização LC41.	56
Figura 4.6.4 – Análise do espectro da monitorização LC42.	57
Figura 4.6.5 – Análise do espectro da monitorização LC43.	57
Figura 4.6.6 – Análise do espectro da monitorização LC44.	57
Figura 4.6.7 – Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do LC.	58
Figura 4.6.8 – Análise do espectro da monitorização CD por tipo de piso.....	59
Figura 4.6.9 – Análise do espectro da monitorização CD por tipo de fonte.	59
Figura 4.6.10 – Análise do espectro da monitorização CD41.....	60
Figura 4.6.11 – Análise do espectro da monitorização CD42.....	60
Figura 4.6.12 – Análise do espectro da monitorização CD43.....	61

Figura 4.6.13 – Análise do espectro da monitorização CD44.	61
Figura 4.6.14 – Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do CD.....	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1.1 – CAE da atividade da empresa em estudo.	9
Tabela 2.2.1 – Valores limites de exposição e de ação para o ruído.....	10
Tabela 2.2.2 – Valores limites de exposição e de ação para as vibrações de corpo inteiro.	10
Tabela 2.3.1 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos pelos autores selecionados na pesquisa bibliográfica para o ruído.	20
Tabela 2.3.2 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos pelos autores selecionados na pesquisa bibliográfica para VCI.....	26
Tabela 2.3.3 – Resultados obtidos para a exposição do condutor a ruído e VCI.	32
Tabela 2.3.4 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos para os estudos com medição simultânea de ruído e VCI.	33
Tabela 3.2.1 – Períodos médios de monitorização e de percurso de ida e volta.	38
Tabela 3.2.2 – Tipo de pavimentos por percurso	39
Tabela 3.2.3 – Tipo de pavimentos por viagem	39
Tabela 3.2.4 – Codificação utilizada para definição do tipo de autocarro e viagens monitorizadas	39
Tabela 3.2.5 – Caracterização da amostra de motoristas envolvidos no estudo	41
Tabela 3.2.6 – Características gerais dos autocarros em análise.....	43
Tabela 3.2.7 – Características gerais dos autocarros em análise.....	43
Tabela 4.1.1 – Resumo dos resultados obtidos na monitorização para o percurso C e D.....	47
Tabela 4.1.2 – L_{Aeq} por tarefa realizada.	48
Tabela 4.1.3 – Valores de L_{Aeq} para os dois tipos de pisos considerados durante os percursos. ..	48
Tabela 4.1.4 – L_{Aeq} por fonte de exposição [dB(A)]......	49
Tabela 4.2.1 – $L_{EX,8h}$ e respetivas incertezas associadas.	50
Tabela 4.3.1 – Resultados obtidos para RSM, A(8) e SEAT.	51
Tabela 4.4.1 – A(8) e respetivas incertezas associadas.....	52
Tabela 4.5.1 – Valores para S_{ed} e R e respetivo significado, de acordo com a ISO 2631-5:2004.	54
Tabela 4.5.2 – Resultados obtidos para S_{ed} e R.....	54

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

$RMS_x = aw_{xmed} \times k_x$	
$RMS_y = aw_{ymed} \times k_y$	Equação 1.....51
$RMS_z = aw_{zmed} \times k_z$	
$A(8) = RMS_{máx} \times K \times \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$	Equação 2.....51
$Seat = \frac{RMS_z \text{ assento}}{RMS_z \text{ piso}} \times 100$	Equação 3.....51
$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6}$	Equação 4.....54
$D_{kd} = \left[\sum_{j=1}^n D_{kj}^6 \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right]^{1/6}$	Equação 5.....54
$S_{ed} = \left[\sum_{k=x,y,z} (m_k D_{kd})^6 \right]^{1/6}$	Equação 6.....54
$R = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{ed} \times N^{1/6}}{S_{ui} - c} \right)^6 \right]^{1/6}$	Equação 7.....54
$S_{ui} = 6.75 - 0.066(b + i)$	Equação 8.....54

SIGLAS/ABREVIATURAS

A(8)	Exposição diária a vibrações
CAE	Classificação das Atividades
Ci	Coeficiente de Sensibilidade
D _k	Dose de aceleração de exposição às vibrações de corpo inteiro
D _{kd}	Dose diária média de exposição às vibrações de corpo inteiro
Hz	Hertz, unidade de frequência.
ISO	International Organization for Standardization
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
L _A	Nível de pressão sonora, ponderado A
L _{Aeq}	Nível de pressão sonora contínuo equivalente, ponderado A
L _{C pico}	Nível de pressão sonora de pico, ponderado C
L _{EX,8h}	Nível de exposição ao ruído, ponderado A, normalizado para um valor de exposição diária de 8h de trabalho
L _{NP}	Noise Pollution Level
NP	Norma Portuguesa
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement
RMS	<i>Root Mean Square</i> (Valor eficaz ponderado)
S	Desvio padrão
SEAT	<i>Seat Effective Amplitude Transmissibility</i>
S _{ed}	Dose equivalente de compressão na coluna
SIL	Speech Interference Levels
T	Duração diária total de exposição a vibrações
T ₀	Duração de referência, T ₀ = 8h;
T _e	Duração efetiva da exposição durante um dia de trabalho, expressa em horas
tm	Período de tempo de medição das vibrações
U	Incerteza expandida
u _x	Incerteza
u _y ²	Incerteza combinada
v	Grau de liberdade
VCI	Vibrações Corpo Inteiro
VDV	Valor Dose de Vibração
VMB	Vibrações Mão Braço
veff	Graus de liberdade efetivos

PARTE 1

2 INTRODUÇÃO

2.1 Apresentação ao tema

A exposição a ruído e vibrações são problemas identificados em diversos ambientes de trabalho. De acordo com a European Working Conditions Survey 2005 (*EWCS, 2005*), 30% e 24% dos trabalhadores relatam estarem expostos a ruído e vibrações, respetivamente, pelo menos $\frac{1}{4}$ do seu tempo de trabalho (Figura 1.1.1) (*Eurostat, 2010*).

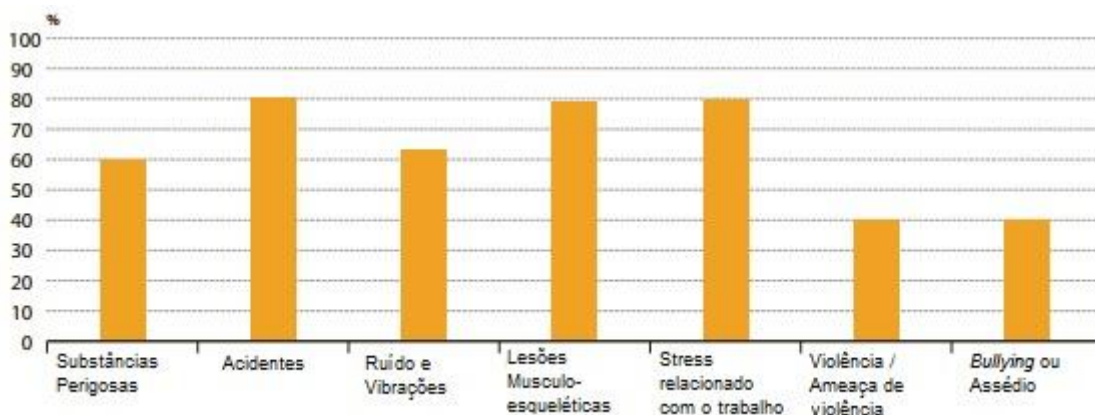


Figura 2.1.1 – Principais problemas identificados na UE-27 nos ambientes de trabalho (*Eurostat, 2010*).

Nos últimos anos o setor de transportes tem assumido um papel muito relevante na vida das populações, sendo o autocarro o meio de transporte público mais adotado pelos cidadãos nas suas deslocações (Figura 1.1.2) (*PORDATA, 2016*).

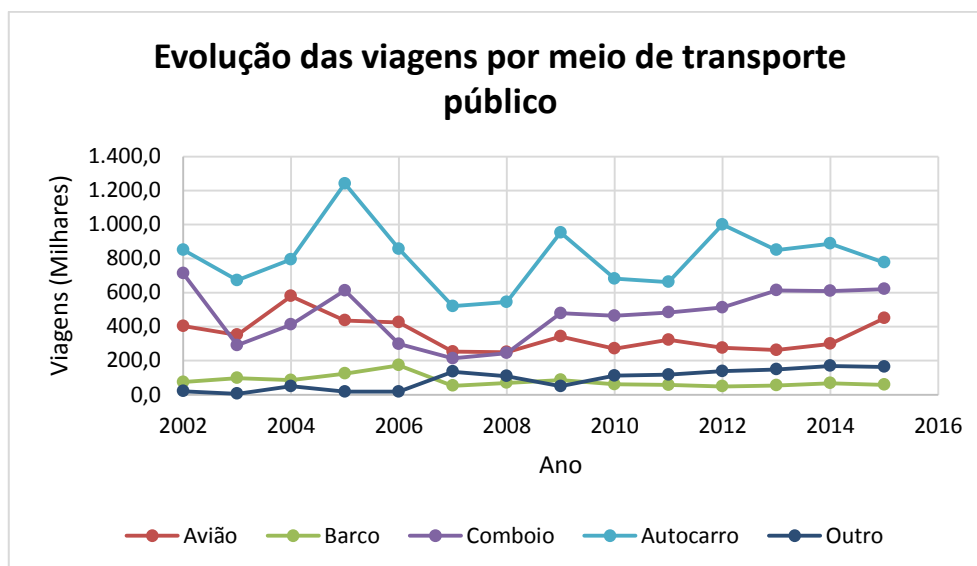


Figura 2.1.2 – Evolução das viagens por meio de transporte (*PORDATA, 2016*).

A maioria dos trabalhadores no setor dos transportes são do sexo masculino, cerca de 83%. Estes são, muitas vezes, obrigados, pelas funções que desempenham, a permanecer longos períodos de tempo sentados ou em posições incómodas ou penosas, para além de estarem

sujeitos a horários de trabalho prolongados e irregulares - trabalho noturno e ao fim de semana (*Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2010*).

Os trabalhadores deste setor estão expostos a diversos riscos tanto para a sua saúde física como psicológica. Os acidentes rodoviários são considerados os maiores riscos a que os motoristas estão expostos, sendo que, segundo a base de dados estatística europeia CARE, morrem nas estradas europeias cerca de 10 000 pessoas anualmente, das quais, em média, 1300 são condutores de transporte de passageiros e de veículos pesados de mercadorias (*ACT, 2016b*).

Para além do risco de acidente rodoviário, estes trabalhadores também apresentam, por vezes, problemas dorso lombares, originados pela postura sentada durante longas horas, excesso de peso, impulsionado pelo sedentarismo da atividade que desempenham e pela falta de tempo para execução de atividades físicas, assim como, doenças cardiovasculares e respiratórias (*Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2011*), (*ACT, 2016a*).

Não obstante, os condutores também enfrentam condições ambientais adversas, como exposição ao ruído, a vibrações e a substâncias perigosas (*ACT, 2016a*).

É ainda de salientar que, a pressão e gestão do tempo de execução das suas funções pode provocar elevados níveis de *stress*, maus hábitos alimentares, perturbações do sono, pausas inadequadas e descanso insuficiente com influência na manutenção das capacidades de atenção e da vigília necessárias à condução automóvel. A agressão física ou psicológica a que estão, por vezes, sujeitos por parte dos clientes, de outros condutores e/ou utilizadores da via pública, bem como, os longos períodos de trabalho e os horários irregulares são outros fatores preponderantes e potenciadores de riscos psicossociais (*Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2010*).

No transporte de passageiros em meios urbanos e suburbanos, o grande volume de tráfego e elevado movimento de passageiros que dificultam o cumprimento de horários, acrescem complexidade à tarefa e fazem com que a pressão do tempo seja o principal fator de *stress* (*ACT, 2016a*).

Por todas estas razões, é que, quando comparado com outros grupos ocupacionais, os condutores de transporte de passageiros em meios urbanos e suburbanos, revelam elevado absentismo e diversas incapacidades para o trabalho, quer do foro psicológico (fadiga, sobrecarga mental e tensão, perturbações do sono), quer a nível de perturbações musculoesqueléticas (joelho, costas, pescoço e ombros) (*ACT, 2016b*).

Deste modo, os condutores de passageiros constituem um grupo de trabalhadores que está exposto a elevados e diversificados riscos, que devem ser identificados e mitigados pela organização do trabalho, assegurando que estes trabalhadores tenham acesso às condições imprescindíveis de segurança e saúde no trabalho (*ACT, 2016a*).

A perda de audição causada pela exposição prolongada a níveis elevados de ruído é a doença profissional mais comum na Europa, equivalendo a aproximadamente um terço da totalidade das doenças relacionadas com o trabalho. Esta doença caracteriza-se numa primeira fase pela incapacidade de ouvir sons agudos e, posteriormente, se o problema não for solucionado verifica-se uma degradação da capacidade de ouvir os sons graves. Por norma o problema afeta os dois ouvidos e os danos causados pelo ruído a nível da perda auditiva são permanentes (*Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, 2005*).

Vários estudos desenvolvidos no âmbito dos efeitos sentidos pelos condutores quando expostos a elevados níveis de ruído, destacam para além dos efeitos auditivos, os não-auditivos, tais como hipertensão, aumento da produção de hormonas da tiroide, cáibras estomacais e abdominais (*Portela & Zannin, 2010*), bem como, incómodo, distúrbios do sono, fadiga, depressão, comportamento impulsivo, aumento do absentismo e incapacidade de concentração nas tarefas (*Mondal et al., 2014; Sanju & Kumar, 2016*).

De acordo com um estudo estatístico europeu realizado em 2005, 25% dos trabalhadores da UE-27 reportaram dores de costas e 23% dores musculares (*Podniece & Taylor, 2008*).

Segundo *Podniece & Taylor*, num conjunto de 11 estudos foi identificado que entre 18% a 80% das dores das costas reportadas pelos trabalhadores eram causadas pela exposição a vibrações de corpo inteiro.

No que se refere a motoristas de autocarros, diversos estudos com condutores profissionais de autocarros estabeleceram uma forte ligação entre o desenvolvimento de “dor lombar” (“low back pain”) e a exposição a vibrações de corpo inteiro (*Blood et al., 2015*), (*Alperovitch-Najenson et al., 2010*), (*Bovenzi and Betta, 1994*), (*Magnusson et al., 1996*), (*Okunribido et al., 2007*), (*Tiemessen et al., 2008*), (*Wilder et al., 1994*).

Dentro dos principais fatores que contribuem para a exposição a vibrações de corpo inteiro foram identificados por diferentes autores, a frequência de ressonância do corpo, sendo que diferentes estruturas corporais apresentam diferentes frequências de ressonância, quando a frequência de corpo inteiro corresponde à frequência de ressonância do corpo ou estruturas dentro do corpo, maior é a transferência de energia da vibração para o corpo. Também o sistema de suspensão do veículo revela ter impacto na quantidade de vibração a que o motorista está sujeito, assim como, o tipo de assento utilizado e as condições das estradas (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Seo & Kim, 2013*), (*Blood et al., 2010*), (*Lewis & Johnson, 2012*).

Apesar dos efeitos de exposição ao ruído e às vibrações terem sido frequentemente analisados separadamente, poucos estudos avaliaram o efeito conjunto e simultâneo destes dois parâmetros (*Paulsen & Kastka, 1995*).

Contudo, dos reduzidos estudos que existem, estes focam-se no desconforto sentido quando há exposição simultânea de ruído e vibrações. Destes estudos, alguns investigadores defendem que o desconforto sentido pela exposição conjunta a estes dois parâmetros é igual à soma do desconforto sentido individualmente a cada um dos parâmetros, enquanto outros investigadores defendem que a resposta humana é muito mais complexa. Por vezes, perante a exposição simultânea a ruído e vibrações poderá ocorrer o fenómeno de “*informational masking*”, em que o desconforto a vibrações é mascarado pelo ruído e vice-versa (*Huang & Griffin, 2014a*).

Mas estes dois parâmetros também têm efeitos a nível cognitivo e, neste sentido, investigações levadas a cabo demonstram que o efeito combinado do ruído e das vibrações de corpo inteiro interferem no processamento mental, bem como é causador de *stress* (*Ljungberg & Neely, 2007*), (*Ljungberg, 2008*).

No conjunto, o conhecimento prévio de todas as razões expostas, alicerçou a importância do estudo da exposição a ruído e a vibração de corpo inteiro em motoristas de autocarros.

2.2 Objetivo geral

Para a realização desta dissertação foi crucial a definição do objetivo geral de orientação do trabalho, consistindo este na análise da exposição de condutores de autocarros *standard* a ruído e vibrações de corpo inteiro e estudo da relação entre estes dois parâmetros, conforme o percurso realizado.

2.3 Organização da dissertação

Para a realização deste trabalho foi necessário proceder à procura intensiva de referências bibliográficas, que permitiram uma melhor compreensão do tema e dos estudos, anteriormente, levados a cabo neste âmbito.

Posto isto, este documento em termos estruturais encontra-se dividido em capítulos, e em cada um destes são abordados os temas que se descrevem em seguida.

1ª Parte - Enquadramento teórico do tema em estudo e motivações para o mesmo:

- **Capítulo 1**

No primeiro capítulo desta dissertação é realizada uma abordagem geral ao tema. É ainda apresentado o seu enquadramento, a relevância desta problemática na atualidade e definidos os objetivos gerais da dissertação, bem como, a estrutura deste documento.

- **Capítulo 2**

Este capítulo incide sobre o conhecimento científico relevante para a elaboração da dissertação. Nele será efetuado um enquadramento legal e normativo relativamente a ruído e vibrações de corpo inteiro. Também serão apresentados conteúdos fundamentais para a melhor compreensão de conceitos no que se refere a ruído e vibrações, tais como, constituição do ouvido, principais fontes de ruído e de vibrações em autocarros. Serão ainda referidas metodologias adotadas para análise de exposição a ruído e vibrações de corpo inteiro segundo outros autores e medidas de minimização e controlo destes dois parâmetros.

- **Capítulo 3**

Neste terceiro capítulo são explicitados, o âmbito e os objetivos específicos da dissertação, após a pesquisa bibliográfica e os conhecimentos adquiridos, assim como, identificação dos materiais e métodos utilizados para recolha e avaliação dos dados.

2ª Parte: Trabalho desenvolvido, discussão de resultados e conclusões:

- **Capítulo 4**

É neste capítulo que é apresentado o trabalho desenvolvido, no âmbito da dissertação, bem como os resultados obtidos.

- **Capítulo 5**

No quinto capítulo procede-se à discussão dos resultados obtidos no capítulo 4 e comparação com a literatura e o enquadramento legal.

- **Capítulo 6**

Neste capítulo são enunciadas as conclusões após análise dos dados e elaboração da dissertação.

- **Capítulo 7**

No capítulo sete são apresentadas as limitações identificadas no decorrer do trabalho, bem como, elencadas algumas recomendações futuras e trabalhos ainda a desenvolver.

3 ESTADO DE ARTE

3.1 Apresentação da entidade

Este trabalho foi desenvolvido a partir de dados obtidos em colaboração com uma empresa de transportes públicos.

A empresa em estudo presta um serviço de transporte público urbano de passageiros na Área Metropolitana do Porto conjuntamente com os restantes operadores rodoviários, ferroviários e de metro, assegurando, assim, uma eficiente mobilidade das populações e uma alternativa competitiva ao transporte individual privado.

Com vista a distinguir-se pelas melhores práticas no setor de atividade e pela satisfação dos seus clientes, assim como, para promover boas condições de trabalho aos seus colaboradores e um desenvolvimento sustentável, esta empresa de transportes rodoviários de passageiros é a única a nível nacional certificada, desde 2008, simultaneamente nos Sistemas de Gestão de Qualidade (NP EN ISO 9001:2008), Sistemas de Gestão do Ambiente (NP EN ISO 14001:2004) e Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho (OHSAS 18001:2007 / NP 4397:2008).

No que diz respeito à Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (CAE – Rev. 3) estabelecida no Decreto-Lei nº 381/2007, de 14 de novembro, a atividade económica desenvolvida pela empresa de transportes rodoviários de passageiros em questão é classificada, segundo esse documento, de acordo com o representado na Tabela 2.1.1.

Tabela 3.1.1 – CAE da atividade da empresa em estudo.

Seção	Divisão	Grupo	Classe	Subclasse
H	49	493	4931	49310

Esta entidade dispõe da maior frota de autocarros em Portugal, com uma grande variedade de veículos, desde autocarros *standard*, articulados, dois pisos, *mini bus* e elétricos.

Preocupada em responder às necessidades físicas e sociais dos seus clientes, apresenta um serviço de qualidade, disponibilizando autocarros equipados com adaptações próprias para utilizadores de mobilidade reduzida (rampa e lugar destinado para utilizadores em cadeiras de rodas).

A recolha de dados, referentes a vibrações de corpo inteiro e ruído foi efetuada em contexto real em duas linhas de autocarros, com a colaboração de 10 motoristas.

Importa ainda salientar que para o estudo apresentado neste documento foi tido em consideração: o tipo de autocarro, o percurso que realiza (zona urbana ou zona suburbana) e o tipo de pavimentos de circulação do autocarro, uma vez que, estes parâmetros poderão influenciar o ruído e as vibrações a que estão expostos os condutores.

3.2 Enquadramento Legal e Normativo

Ruído

- Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro, define as prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a agentes físicos (ruído). O presente diploma apresenta os valores limite de exposição e os valores de ação para a exposição pessoal diária ou semanal de um trabalhador e do nível de pressão sonora de pico (Tabela 2.2.1), bem como, elenca um conjunto de medidas preventivas a aplicar quando alcançados ou ultrapassados esses valores.

Tabela 3.2.1 – Valores limites de exposição e de ação para o ruído.

	Exposição Pessoal	Nível de Pressão Sonora de Pico
Valores Limites de Exposição	$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 140 \text{ dB(C)}$
Valores de Ação Superiores	$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 137 \text{ dB(C)}$
Valores de Ação Inferiores	$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A)}$	$L_{Cpico} = 135 \text{ dB(C)}$

- NP EN 352 (1996). Protetores Auditivos. Define os requisitos gerais que devem cumprir os protetores auditivos;
- NP EN 458 (1996). “Protetores Auditivos - Recomendações relativas à seleção, à utilização, aos cuidados na utilização e à manutenção”;
- NP EN ISO 9612:2011. “Acústica: Determinação da exposição ao ruído ocupacional – Método de Engenharia”. Este documento normativo faz referência ao cálculo de incertezas das medições de ruído;
- Guia RELACRE 22 (2012) – Cálculo de incertezas das medições de acústica.

Vibrações de Corpo Inteiro

- O Decreto-Lei nº 46/2006 de 24 de fevereiro transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva nº 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, quanto às prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas. Este diploma determina os princípios gerais de avaliação dos riscos a vibrações, para além de definir os valores limite de exposição e de ação a vibrações de corpo inteiro (Tabela 2.2.2) e elencar um conjunto de medidas preventivas a aplicar quando alcançados ou ultrapassados esses valores;

Tabela 3.2.2 – Valores limites de exposição e de ação para as vibrações de corpo inteiro.

Valor Limite de Exposição (m.s^{-2})	Valor de Ação de Exposição (m.s^{-2})
1.15	0.5

- ISO 8041:1990. “Human response to vibration - Measuring instrumentation.” International Standard Organization;

-
- ISO 2631-1:1997. Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole body vibration - Part 1: General requirements.” International Standard Organization;
 - ISO 2631-3:1985, Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 3: Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency range 0.1 to 0.63 Hz”;
 - ISO 2631-4:2001, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems;
 - ISO 2631-5:2004, Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks”;
 - NP ISO 2631-1:2007. “Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais”;
 - EN 14253:2003+A1:2007. Vibrações mecânicas – Medições e cálculo de exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro – Guia prático;

As normas supra referidas estabelecem os critérios a que devem obedecer as medições na avaliação da exposição a vibrações mecânicas.

- Guia RELACRE 21 (2008) – Exposição dos trabalhadores às vibrações. Contém apontamentos sobre estimativa das incertezas de medição.
- Guia RELACRE 23 (2014) – Guia de boas práticas de medição de vibrações.

3.3 Conhecimento Científico

A pesquisa bibliográfica realizada foi baseada no PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Statement).

A pesquisa dos artigos científicos efetuou-se recorrendo a Bases de Dados e Revistas Científicas disponíveis *online* para consulta pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, incluindo-se, também, artigos referenciados na bibliografia dos artigos selecionados e analisados.

Para tal, foi necessário definir um conjunto de palavras-chave, utilizadas em diferentes combinações de três ou quatro palavras. As palavras-chaves que se selecionaram foram: “occupational”, “noise” e “vibration”, como principais palavras-chave e como secundárias: “safety”, “health”, “bus”, “vehicle”, “truck” e “driver”. A pesquisa foi efetuada nas Bases de Dados por Título, Abstract e Keywords quando possível.

Na refinação dos resultados obtidos, os critérios de exclusão adotados foram:

- **Data de publicação:** excluíram-se artigos que foram publicados antes de 2007, de modo a garantir que, apenas se analisariam artigos com conhecimentos recentes na área em estudo (número de artigos excluídos: 19273);
- **Tipo de documento:** apenas se consideraram para análise documentos no formato de article e article review (número de artigos excluídos: 7923);
- **Língua:** excluíram-se todos os artigos que não estivessem publicados em inglês (número de artigos excluídos: 686);
- **Pertinência do tema:** excluíram-se artigos que não abordavam as temáticas de ruído ocupacional e/ou vibrações de corpo inteiro em autocarros urbanos (número de artigos excluídos: 9468).

Importa referir que foram também excluídos artigos muito específicos de índole médica, de doenças causadas pela exposição ao ruído ou a vibrações de corpo inteiro.

Para além disso, excluíram-se os artigos que surgiam repetidos na pesquisa executada.

Por fim, foram aplicados critérios de elegibilidade em que, apenas, eram incluídos artigos com uma estrutura definida (resumo, introdução, metodologia, resultados, discussão e conclusão), disponíveis em texto integral e que avaliassem a exposição ao ruído e/ou vibrações de corpo inteiro em condutores de autocarros.

Assim, a informação relevante para a pesquisa foi encontrada em: SCOPUS, ScienceDirect, Web of Science, Academic Search Complete e MEDLINE (EBSCO).

Relativamente, às palavras-chave, as combinações que permitiram obter mais resultados foram: “vibration”, “noise”, “occupational”, “driver” e “vibration”, “noise”, “occupational”, “bus”.

No final da pesquisa bibliográfica, contabilizaram-se 40688 artigos, como número inicial de artigos registrados, dos quais, 5 foram identificados por pesquisa externa (recorrendo às referências bibliográficas de artigos identificados nas Bases de Dados).

Após aplicação dos critérios de exclusão, bem como, os critérios de inclusão e removidos os artigos duplicados, obteve-se um número de 17 artigos para serem analisados.

Na Figura 2.3.1, apresenta-se um esquema baseado no PRISMA, que permite analisar, de modo simples e organizado, a quantificação da pesquisa bibliográfica descrita anteriormente.

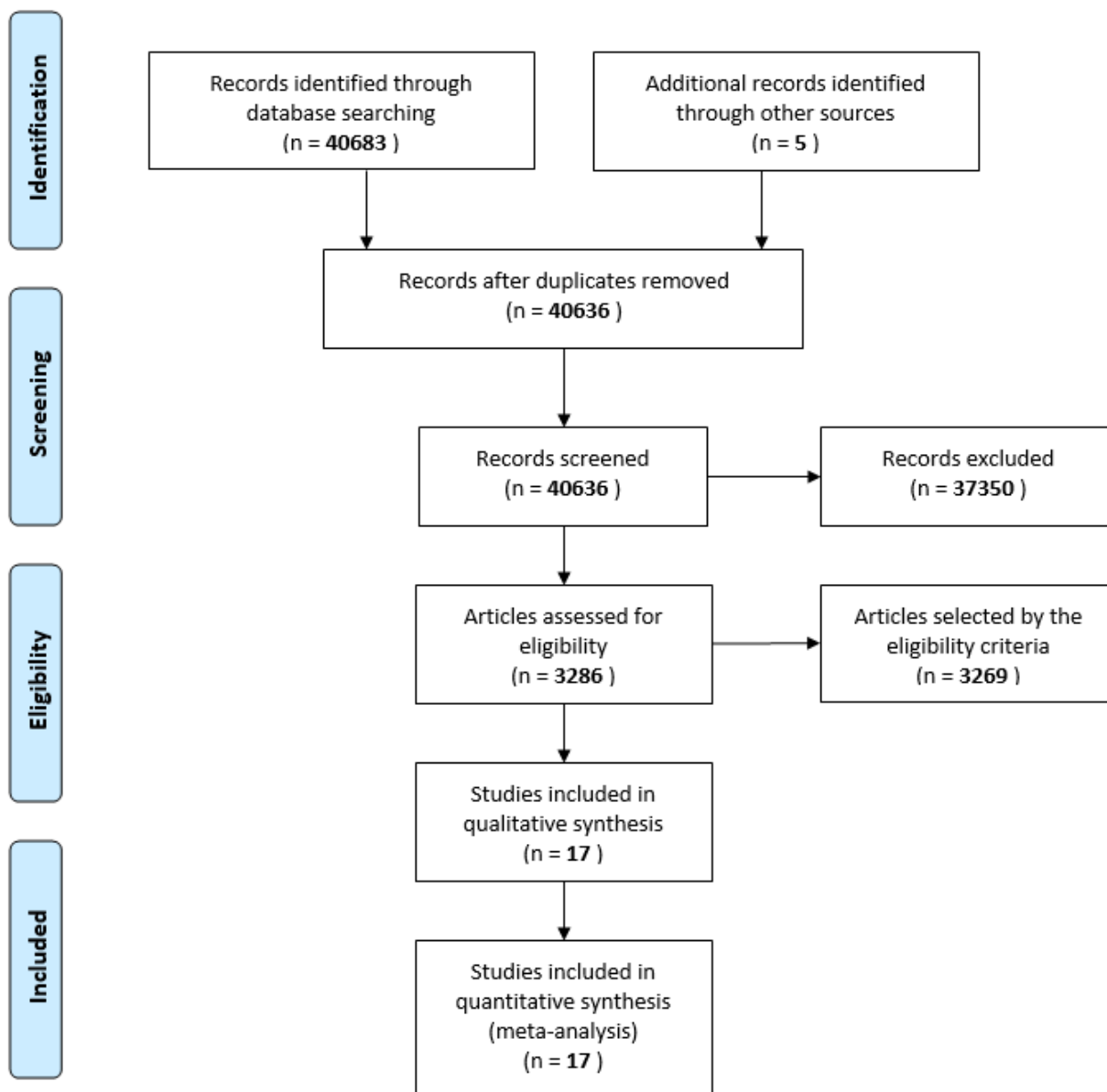


Figura 3.3.1 – Diagrama PRISMA 2009 (adaptado).¹

Os 17 artigos identificados através da pesquisa foram analisados, sendo que a informação considerada de maior relevância durante a análise foi: tipo de amostra tratada, metodologia aplicada, parâmetros avaliados, legislação e normalização utilizadas e tipo de resultados obtidos.

¹ Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement*. PLoS Med 6(6): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

3.3.1 Ruído

É considerado ruído todo o som indesejável ou prejudicial. Todos os dias, milhões de trabalhadores na Europa estão expostos ao ruído no trabalho e aos riscos que isso pode acarretar. Um em cada cinco trabalhadores europeus tem de aumentar a sua voz para ser ouvido, pelo menos metade do tempo em que estão no trabalho (*Hse & Books, 2005*).

O ruído ocupacional é um importante fator de risco de perda auditiva em trabalhadores, em todas as faixas etárias, variando entre 7% e 21% (média de 16%) a perda auditiva em adultos, em todo o mundo (*Nelson et al., 2005*), (*Dobie, 2008*).

A exposição ao ruído pode representar uma variedade de riscos de saúde e segurança para os trabalhadores. Ruído excessivo danifica as células ciliadas na cóclea, parte do ouvido interno, levando à perda auditiva. Em muitos países, a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) é a doença irreversível mais prevalente (*Dobie, 1995*).

Há, ainda, evidências de que a exposição ao ruído tem efeitos sobre o sistema cardiovascular resultando na libertação de catecolaminas e num aumento da pressão arterial. Os níveis de catecolaminas no sangue estão associados ao *stress*. O *stress* relacionado com o trabalho raramente tem uma única causa podendo resultar numa série de fatores de risco, incluindo o ruído no ambiente de trabalho. Além disso, os altos níveis de ruído tornam difícil aos trabalhadores ouvirem e comunicarem, o que pode aumentar a probabilidade de acidentes (*Hse & Books, 2005*).

Vários fatores influenciam os riscos potenciais do ruído no trabalho. O mais óbvio é talvez a intensidade que pode ser medida em decibéis (dB), mas a duração da exposição também é importante, juntamente com fatores como a impulsividade do ruído, a sua frequência e a distribuição temporal da sua ocorrência (*Hse & Books, 2005*).

O som ou ruído é entendido como a variação de pressão que pode ser detetada pelo ouvido humano, designada de Pressão Sonora e expressa em Newton por metro quadrado (N.m^{-2}) ou Pascal (Pa) (*Carvalho, 2015*).

Os principais parâmetros que caracterizam um som são: o seu nível sonoro e a frequência, quando se refere a som puro/simples, ou espectro, quando se refere a um som complexo (*Carvalho, 2015*).

A frequência do som caracteriza-se pelo número de variações de pressão por segundo, medida em Hertz (Hz). A escala de frequência encontra-se dividida em três grupos: os infrassons (valores inferiores a 20 Hz), a gama audível (entre 20 Hz e os 20000 Hz) e os ultrassons (valores superiores a 20000 Hz).

A gama do audível é a correspondente à percepção do ouvido humano, verificando-se que, para frequências muito baixas e para frequências muito elevadas, a sensibilidade auditiva diminui consideravelmente (*Mateus, 2008*). Esta gama está dividida em dez grupos de frequências designadas por oitavas e cada oitava divide-se em três grupos, designados por terços de oitava (*Carvalho, 2015*).

Como é impossível medir o espectro sonoro de uma fonte sonora em toda a gama audível (em contínuo), na prática, regista-se o valor efetivo de pressão sonora em cada banda, dando origem ao espectro de oitavas (*Miguel, 2014*).

No que diz respeito ao nível sonoro, este resulta de qualquer fonte sonora que emite uma determinada potência acústica característica e de valor fixo. As vibrações sonoras geradas pela fonte dependem de fatores externos, como a distância, a orientação do recetor, variações de temperatura, tipo de local, etc. (Miguel, 2014).

A amplitude do sinal caracteriza-se por uma variação, do nível de pressão sonora em Pascal, de 1 milhão de vezes (entre valor mínimo e máximo) e, portanto, é mais realista e representativo da resposta humana à utilização de uma escala logarítmica, em decibel, em vez de uma escala linear. O nível de pressão sonora em decibéis, ou simplesmente nível sonoro, é, assim, obtido através da multiplicação por dez do logaritmo da relação entre os quadrados da pressão sonora de análise e de referência (correspondente ao limiar de audição de $20 \times 10^{-6} \text{Pa}$) (Mateus, 2008).

A escala de níveis de pressão sonora apresenta-se numa vasta gama de pressões sonoras, compreendida entre 0 dB (limiar de audição) e os 140 dB (limiar da dor) (Figura 2.3.2) (Mateus, 2008).

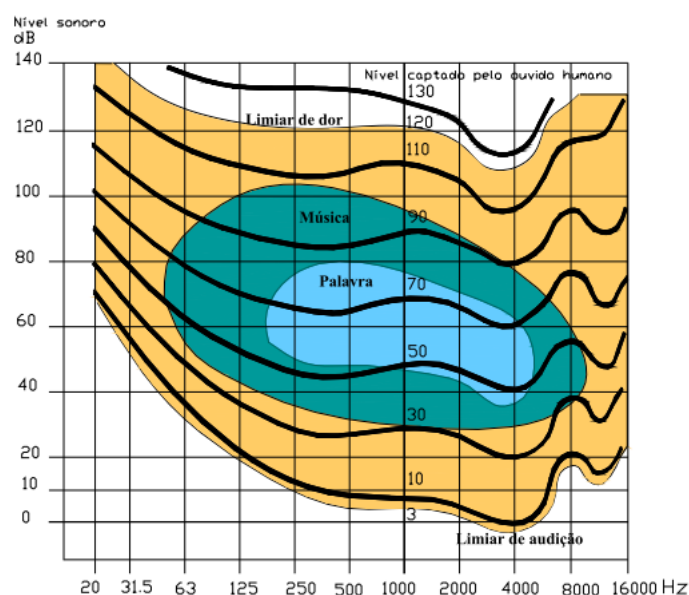


Figura 3.3.2 – Limiar da audição (Mateus, 2008).

Alguns equipamentos, como por exemplo os sonómetros, avaliam a variação de pressão, mas apresentam os resultados já convertidos em decibéis.

Os seres humanos não são capazes de distinguir pequenas diferenças de nível sonoro. Esta capacidade de discriminação depende do valor do próprio nível do som. A distinção é, no limite, cerca de 2 dB para níveis de pressão sonora muito baixos, por outro lado, para níveis de pressão sonora elevadas ($\approx 80 \text{ dB}$) este valor poderá ascender a 0.5 dB (Carvalho, 2015).

Na Figura 2.3.3, encontra-se representado o tipicamente designado termómetro acústico, onde se encontra confrontada a escala de pressão sonora (logarítmica), com a escala dos níveis sonoros (linear), para algumas atividades do quotidiano. Conclui-se, assim, que a escala em decibéis é mais realista, uma vez que, o ouvido humano apercebe-se mais da variação percentual do nível sonoro.

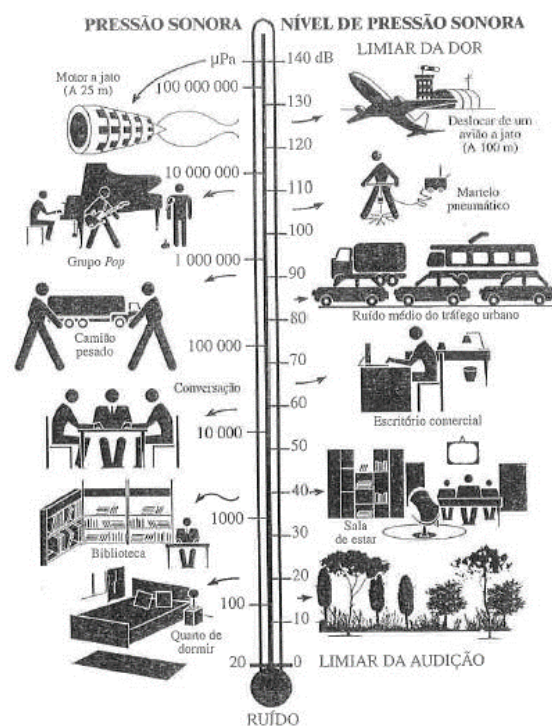


Figura 3.3.3 – Termómetro acústico (Miguel, 2014).

3.3.2 Fisiologia do ouvido humano

Na Figura 2.3.4 está representado o esquema da constituição do ouvido humano, onde se podem distinguir as três partes mais importantes (Carvalho, 2015):

- Ouvido externo: constituído pelo pavilhão da orelha, canal auditivo e tímpano;
- Ouvido médio: constituído pelos ossículos – martelo, bigorna e estribo;
- Ouvido interno: constituído pela cóclea.

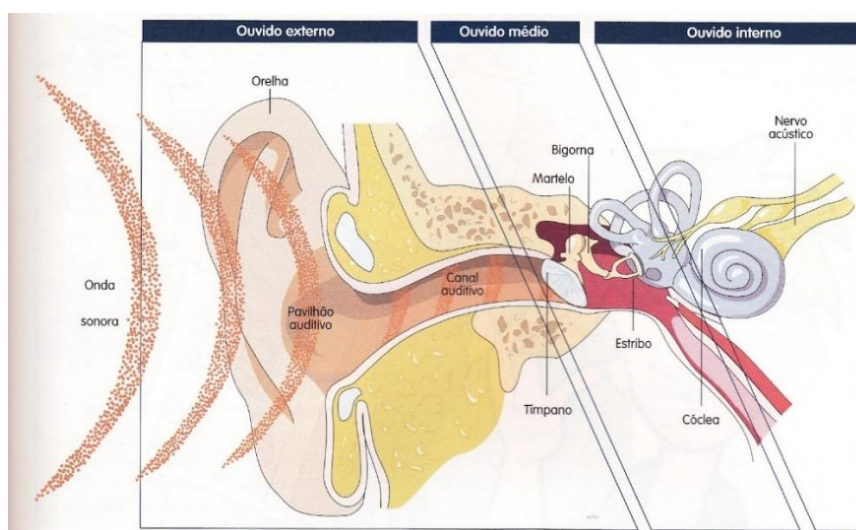


Figura 3.3.4 – Constituição do ouvido humano ².

² Fonte: <http://conceicaoferreira75.blogspot.pt/2012/04/constituicao-do-ouvido-humano.html>. Acedido a 10 de janeiro de 2017

A captação das ondas sonoras é da responsabilidade do ouvido externo, através do pavilhão da orelha, que as encaminha pelo canal auditivo para o tímpano, originando neste uma vibração (Carvalho, 2015).

No ouvido médio, os ossículos (martelo, bigorna e estribo) atuam como amplificadores, de forma a permitir que as ondas sonoras passem do meio aéreo para o meio líquido (no interior da cóclea). O estribo liga-se à janela oval para fazer a passagem das ondas sonoras para o interior da cóclea (Carvalho, 2015).

O ouvido interno é constituído pela cóclea. Esta é uma espiral cónica preenchida por um líquido denominado perilinfa. A cóclea tem duas ligações flexíveis com o exterior (ouvido médio): as janelas oval e redonda. Para além disso, dispõe no seu interior de dois tubos compridos paralelos, separados pela membrana basilar, onde existem cílios (Carvalho, 2015).

A mensagem acústica representada por padrões vibratórios alcança o ouvido interno através dos movimentos do estribo. Este, por sua vez, move a janela oval, que transmite a vibração à perilinfa, na cóclea. Já na cóclea dá-se a transformação da vibração em informação neural ao cérebro. As vibrações no líquido provocam movimentos na membrana basilar e, consequentemente, o movimento dos cílios. A inclinação dos cílios desencadeia um fenómeno eletroquímico que é transmitido ao cérebro (Carvalho, 2015).

A membrana basilar rege a diferentes frequências. Enquanto os estímulos de baixas frequências fazem os cílios reagir em todo o comprimento da membrana basilar, os estímulos de altas frequências, apenas, fazem reagir a zona inicial da membrana (Carvalho, 2015).

Com a constante exposição a ruídos intensos os cílios perdem a sua capacidade de recuperação a mudanças de posição e partem-se. Numa fase inicial poderá ocorrer fadiga auditiva, que consiste num abaixamento reversível da acuidade auditiva, determinada pelo grau de perda de audição e pelo tempo que o ouvido demora a retomar a audição. Contudo, a não regeneração dos cílios conduz a uma perda auditiva permanente (Carvalho, 2015).

A audiometria é um exame que, por meio de gráficos, permite identificar possíveis perdas auditivas em relação ao limiar da audição normal (Carvalho, 2015).

A perda auditiva ou diminuição da audição não resulta, somente, da danificação das células ciliadas, mas também de lesões no tímpano ou nos ossículos, assim como, do envelhecimento do sistema auditivo, fenómeno designado por presbiacusia (Carvalho, 2015).

3.3.3 Causas de ruído em autocarros

Segundo Machado (2003) e Radhakrishna et al. (2012) são diversas as fontes de ruído em veículos, sendo de destacar: o motor, o sistema de aspiração, a exaustão, a transmissão e travagem, os pneus, o sistema de ar condicionado, o vento e o tráfego rodoviário.

Nos artigos identificados na pesquisa bibliográfica, os autores elencam diferentes fatores causadores de ruído em autocarros. Deste modo, dos principais fatores identificados, pelos autores, realça-se: a tipologia do autocarro, a antiguidade do veículo, o ruído proveniente do motor e do tráfego, o percurso do autocarro (tipo de pavimento), número de passageiros

transportados e quantidade de paragens realizadas (*Mohammadi, 2014*), (*Bruno et al., 2013*), (*Silva & Correia, 2013*), (*Nadri et al., 2012*).

Alguns autores constataram, ainda, como fontes de ruído em autocarros, os pneus e o tipo de motor, bem como, a localização deste último, visto que se verifica uma maior exposição ao ruído por parte dos motoristas, quando o motor se localiza na parte da freio do veículo, em vez, da parte traseira do mesmo (*Zannin, 2008*), (*Portela & Zannin, 2010*).

Para além dos fatores anteriormente identificados é ainda referido por determinados autores como causa de níveis de ruído superiores no interior dos autocarros: a inadequada manutenção dos veículos (*Mohammadi, 2014*), o som da campainha para indicar a necessidade de parar na paragem e a abertura e fecho das portas durante a saída e entrada de passageiros, (*Silva & Correia, 2013*), assim como, a utilização do sistema de comunicação e o uso de rádio durante a condução (*Damijan et al., 2012*).

3.3.4 Metodologias de avaliação da exposição a ruído

De acordo com os autores analisados, a metodologia adotada para avaliação da exposição dos motoristas de autocarros ao ruído, estava em conformidade com as seguintes normas:

- ISO 5128:1980, documento normativo que especifica as condições de obtenção de dados reproduzíveis e comparáveis dos níveis e do espectro de ruído em todo o tipo de veículos rodoviários, com exceção dos tratores agrícolas e máquinas de campo (*Nadri et al., 2012*).
- ISO 1999:1989³, correspondente à ISO 1999:1990⁴, documento normativo que prescreve as práticas de determinação de exposição ao ruído ocupacional, para um período laboral de 40h/semana e estimativa da perda auditiva induzida pelo ruído. (*Zannin, 2008*) e (*Portela & Zannin, 2010*), (*Silva & Correia, 2013*), (*Mohammadi, 2014*)
- ISO 9612:2009, documento normativo que especifica um método de engenharia para determinar a exposição dos trabalhadores ao ruído num ambiente ocupacional (*Bruno et al., 2013*).

Verificou-se, ainda que grande parte dos estudos analisados utilizaram como equipamento medidor do ruído, o sonómetro, com exceção do (*Silva & Correia, 2013*) que utilizou o dosímetro.

No que se refere à tipologia de autocarros analisados estes variaram, entre autocarros *standard*, dois pisos, articulados e *speedy* ⁵. Por fim, relativamente, à interpretação dos resultados esta foi efetuada com base na legislação em vigor do país onde o estudo foi desenvolvido, sendo que os principais parâmetros avaliados foram $L_{EX,8h}$ e L_{Aeq} .

Na Tabela 2.3.1 é apresentada a compilação das metodologias de recolha de dados adotadas, equipamentos utilizados e parâmetros avaliados, bem como, a legislação que serviu de base para

³ Revista pela ISO 1999:1990

⁴ Revista pela ISO 1999:2013

⁵ São autocarros que têm rotas específicas e apresentam menor número de paragens. No Brasil são designados de “Ligeirinhos”.

análise dos resultados obtidos, para o conjunto de artigos selecionados na pesquisa bibliográfica, relativamente, à exposição dos motoristas de autocarros ao ruído.

Tabela 3.3.1 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos pelos autores selecionados na pesquisa bibliográfica para o ruído.

Autor e Ano	Tipo de autocarro	Medição	Equipamento	Norma para Medição	Legislação para avaliação dos resultados	Tipo de resultados apresentados
(Zannin, 2008)	60 autocarros de três tipos: 20 <i>speedy buses</i> , 20 articulados e 20 <i>standard</i> Ano de fabrico entre 1991 e 2002	Medição contínua ida e volta. Parâmetro medido - L_{eq}	Sonómetro Bruel & Kjaer 2238 tipo 1 Calibrador Bruel e Kjaer modelo 4231	ISO 1999:1989	Norma Brasileira de Higiene Ocupacional 2001 (NHO-01) e de Ergonomia 1997 (NR-17)	$L_{EX,8h}$
(Portela & Zannin, 2010)	80 autocarros de quatro modelos: standard, articulados, <i>mini bus</i> e <i>speedy</i> . Ano de fabrico entre 1991 e 2006.	Medições de 5 min dentro do autocarro. Parâmetro medido - média e desvio padrão de L_{Aeq}	Sonómetro Bruel & Kjaer 2238 tipo 1	ISO 1999:1990	Legislação Brasileira	L_{Aeq} L_{AFmin} L_{AFmax}
(Silva & Correia, 2013)	15 linhas de autocarros das marcas Mercedes-Benz e Volkswagen. Ano de fabrico entre 2001 e 2009.	Medição durante toda a viagem. Parâmetro medido - L_{Aeq}	Dosímetro DOS 500	ISO 1999:1990	Recomendações da OMS	L_{Aeq} $L_{EX,8h}$
(Nadri et al., 2012)	20 autocarros 0457 Benz (com uma média de 6,5 anos); 20 autocarros 0355 Benz (com uma média de 7 anos); 20 Renault (com uma média de 4 anos); 20 Mega Trans (com uma média de 3,5 anos).	Medição durante 10 min. Parâmetro medido - L_{eq}	Sonómetro modelo CEL450 Calibrador modelo CEL450	ISO 5128:1980	Normas ACGIH	SIL Média Min Máx Desvio Padrão
(Bruno et al., 2013)	80 autocarros de quatro tipos: 20 <i>standard</i> , 20 <i>speedy buses</i> , 20 <i>mini bus</i> e 20 articulados.	Medições de acordo com a norma. Parâmetro medido - L_{eq}	Sonómetro Bruel & Kjaer 2238 tipo 1	ISO 9612: 2009	Legislação Brasileira referência OMS	Média $L_{EX,8h}$, Min $L_{EX,8h}$ Máx $L_{EX,8h}$ Desvio Padrão
(Mohammadi, 2014)	50 autocarros de cinco marcas: 10 Mega trance, 10 Benz 457, 10 Benz 355; 10 Benz 457 e 10 Renault. Ano de fabrico entre 2002 e 2007.	Medição dentro do autocarro, durante todo o percurso. Parâmetro medido - L_{Aeq}	Sonómetro Bruel & Kjaer 2238 tipo 1	ISO 1999:1990	Critério "Salford"	L_{NP} Média Min e Máx Desvio Padrão

3.3.5 Medidas preventivas e de controlo do ruído

A exposição por parte dos motoristas de autocarros ao ruído não tem origem unicamente, no seu local de trabalho. Com as deslocações que realizam, também o ambiente acústico se vai alterando, de acordo com as condições de ruído ambiente envolvente. Deste modo, proceder ao controlo do ruído a que estão expostos estes trabalhadores revela-se uma tarefa deveras difícil.

As medidas de prevenção e controlo do ruído podem ser de três tipos: de engenharia/construtivas (atuando sobre a fonte e as vias de propagação do ruído), organizacionais (atuando de modo a reduzir a exposição, em termos temporais e/ou espaciais) ou, ainda, de proteção individual (atuando sobre o recetor) (*Miguel, 2014*), (*Universitas, 2010*).

Segundo a análise realizada aos artigos pesquisados, os autores defendem como medidas de prevenção e controlo, a atuação sobre os motores e pneus, adotando os melhores dispositivos e matérias, no que se refere à absorção sonora, assim como, projetar o interior da cabine do motorista de modo a que esta seja à prova de som (*Mondal et al., 2014*), (*Silva & Correia, 2013*).

É, também, mencionado por vários autores a utilização preferencial de veículos com motores traseiros em detrimento dos dianteiros, visto que vai permitir o afastamento do condutor da fonte emissora de ruído (*Bruno et al., 2013*), (*Portela & Zannin, 2010*), (*Zannin, 2008*).

Por outro lado, existem autores que realçam a importância da introdução de mudanças organizacionais (*Bruno et al., 2013*), tais como: melhorar as condições de trabalho, reduzir o número de horas de trabalho (*Zannin, 2008*), assim como, a promoção da educação e formação dos motoristas quanto aos perigos para a sua saúde relacionados com a exposição ao ruído (*Sanju & Kumar, 2016*) e a realização de controlos dos níveis de ruído e de exames audiométricos para avaliar possíveis perdas auditivas (*Nelson et al., 2005*).

Algumas medidas de controlo são efetivas e de simples aplicação, não exigindo elevados investimentos, nem alterações do posto de trabalho. O importante é que se analise cuidadosamente qual a medida mais adequada a ser executada (*Health and Safety Executive, 2005*).

Para além das medidas de engenharia, anteriormente, citadas para o controlo do ruído em autocarros, *Universitas (2010)* refere ainda:

- A substituição de peças metálicas por peças de borracha ou de plástico;
- A substituição de peças defeituosas e/ou obsoletas;
- A instalação de silenciadores no tubo de escape e nos travões de estacionamento;
- A necessidade de evitar a abertura das janelas;
- A adoção de um adequado posicionamento do sistema de comunicação, de forma a permitir a sua audição a baixo volume.

No que diz respeito a medidas organizacionais, *Universitas (2010)* destaca, também:

- A reorganização dos horários dos trabalhadores, promovendo a rotação entre veículos;
- A introdução de um programa de conservação da audição;
- A realização periódica de exames médicos e audiométricos;
- O controlo regular dos níveis de ruído;
- A promoção da formação dos trabalhadores acerca dos riscos e efeitos do ruído.

3.3.6 Vibrações de Corpo Inteiro

Os trabalhadores expostos a vibrações são, maioritariamente, do sexo masculino e, tipicamente, motoristas, operadores de ferramentas de mão, ou pessoas que trabalham nas proximidades de máquinas estacionárias. A proporção de exposição a vibrações nos locais de trabalho varia de país para país, oscilando entre 14% e 34% (*Donati et al., 2008*).

Existem duas formas de exposição a vibrações definidas no Decreto-Lei nº 46/2006 de 24 de fevereiro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva nº 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho:

- **Vibrações Mão Braço (VMB)** é a vibração mecânica, que quando transmitida ou guiada pela ferramenta ao sistema mão-braço, acarreta riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores, em particular, distúrbios vasculares, ósseos ou articulares, neurológicos ou musculares;
- **Vibrações de Corpo Inteiro (VCI)** é a vibração mecânica, que quando transmitida ao corpo inteiro, acarreta riscos para a saúde e segurança dos trabalhadores, em particular, lombalgias e traumatismos da coluna vertebral.

Assim, entende-se por vibração o movimento oscilatório de um corpo devido a forças externas e internas, medida em Hertz (Hz). A vibração pode ser transmitida ao corpo humano através do contacto com a superfície vibratória (*Donati et al., 2008*).

O corpo humano integra um sistema físico e biológico extraordinariamente complexo, podendo ser do ponto de vista mecânico representado, de modo simplificado, como composto por diferentes subsistemas massa-mola-amortecedor. Estes representam a cabeça, os ombros, o volume pulmonar, os braços, as pernas, etc. (Figura 2.3.5) (*Miguel, 2014*).

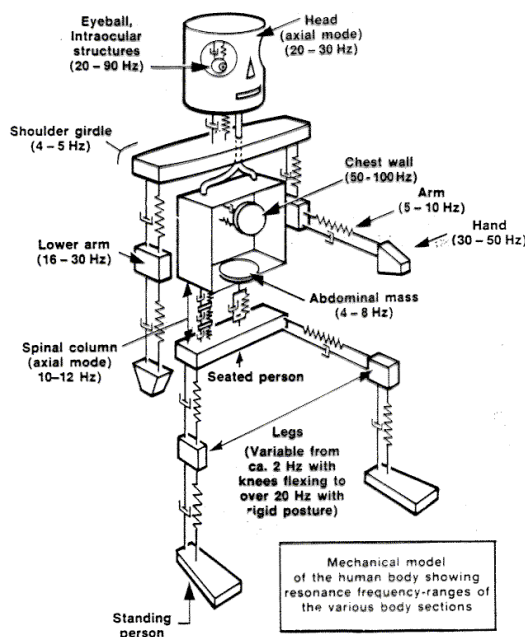


Figura 3.3.5 – Sistema mecânico simplificado do corpo humano ⁶.

⁶ Fonte: <http://www.powerstandards.com/HumanResonance.php>. Acedido a 11 de janeiro de 2017

A resposta do corpo humano às vibrações externas depende da sua postura (de pé, sentado ou deitado) e do ponto de aplicação das forças vibratórias. Assim, as vibrações de corpo inteiro podem ser transmitidas através dos pés do indivíduo em pé, através das nádegas, quando este se encontra sentado ou através da área de suporte de uma pessoa prostrada (Miguel, 2014).

Uma das partes do sistema representado na Figura 2.3.5 é o subsistema tórax-abdômen, que revela um efeito peculiar de ressonância, principalmente, na gama dos 3 a 6 Hz e torna muito difícil um isolamento das vibrações que afetam o indivíduo de pé ou sentado. Um outro efeito de ressonância é causado pelo subsistema cabeça-pescoço-ombros na região dos 20 Hz aos 30 Hz. Também nas regiões 60 Hz aos 90 Hz são sentidas perturbações que sugerem ressonância do globo ocular, assim como, dos 100 Hz aos 200 Hz no subsistema maxilar inferior-crânio (Miguel, 2014).

O efeito de ressonância é nocivo para o corpo humano, pois provoca uma amplificação da vibração que recebe (Thamsuwan *et al.*, 2013), (Afonso, 2012).

Geralmente, a vibração do corpo humano é medida em unidades de aceleração (m.s^{-2} ou RMS) de uma banda de frequência de terços de oitava na gama de frequências pretendida. Contudo, o nível de vibração, também, pode ser medido em unidades logarítmicas (decibéis de aceleração tendo por referência 10^{-6} m.s^{-2}) (Miguel, 2014).

A vibração deve ser sempre medida de acordo com as direções de um sistema de três eixos (x, y, z). A norma ISO 2631 define o sistema de coordenadas usado para medir a direção das VCI (Figura 2.3.6).

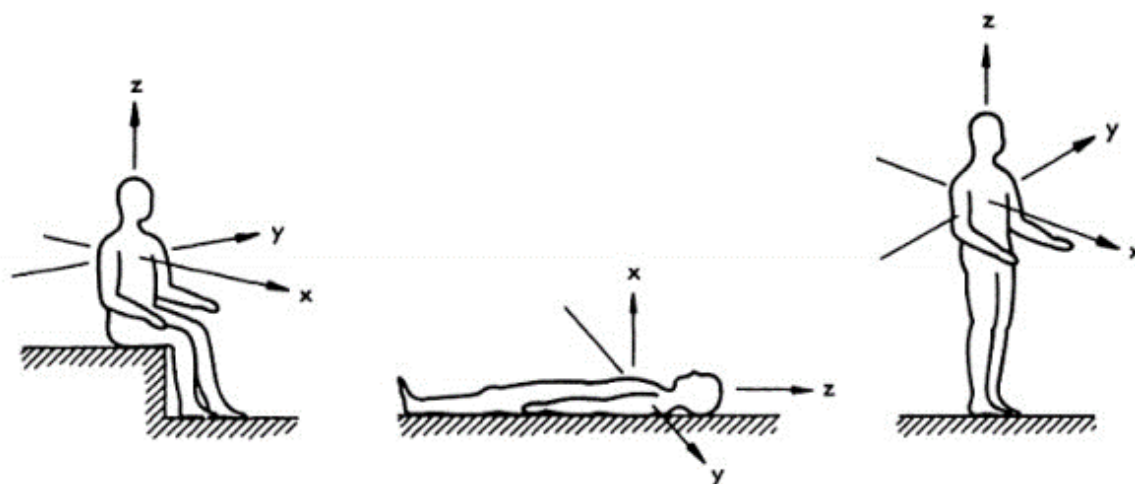


Figura 3.3.6 – Direção dos sistemas de coordenadas para as vibrações mecânicas (ISO 2631:1997).

Os sistemas de coordenadas são de dois tipos: biodinâmicos, relacionados com as estruturas anatómicas do corpo e basicêntricos, relacionados com os objetos em contato com o corpo. O sistema basicêntrico aproxima-se das coordenadas biodinâmicas e é mais prático para medir, uma vez que os sensores de vibração são montados sobre o objeto em vibração e não sobre a pessoa. Em qualquer sistema coordenado, os três eixos são mutuamente perpendiculares (ortogonais) uns aos outros (Chengalur *et al.*, 2004).

3.3.7 Causas de VCI em autocarros

De um modo geral, os diferentes autores analisados concordam que, as principais fontes de transmissão das vibrações mecânicas ao corpo humano advêm do tipo de pavimento e do tipo de assento utilizado (*Barreira et al., 2015*), (*Blood et al. 2015*), (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Lewis & Johnson, 2012*), (*Thamsuwan et al., 2012*), (*Blood et al., 2010*). É evidenciado nesses estudos, que percursos realizados em pisos irregulares e com lombas expõem os condutores a valores de vibração mais elevados do que em pisos lisos.

Barreira et al. (2015) salienta, ainda, a importância das condições rodoviárias, uma vez que este é um dos principais fatores que contribuiu para os níveis de exposição a vibrações de corpo inteiro.

Blood et al. (2010) refere, também, o facto de o material do chão dos veículos não ser totalmente rígido e promover a transmissão das vibrações aos assentos.

Outros fatores relevantes identificados por *Lewis & Johnson (2012)* que terão impacto no valor medido de vibrações de corpo inteiro são: o desgaste do assento com o passar do tempo e a idade do veículo, que poderão contribuir para um aumento de exposição a VCI.

Também *Nassiri et al. (2014)* defende que a antiguidade do veículo, o tipo de assento e o tipo de pavimento são fatores importantes no que diz respeito às vibrações, assim como, a atividade dos passageiros, o motor e o tipo de condução do motorista do autocarro.

Assim é fundamental assegurar a seleção de assentos adequados e com uma maior vida útil, de modo a controlar a exposição a vibrações de corpo inteiro (*Blood et al., 2010*).

Não obstante, é, ainda, reconhecido como fonte de vibrações o sistema de suspensão do veículo (*Thamsuwan et al., 2012*), bem como, o sistema de transmissão deste (*Okunribido et al., 2007*). Na verdade, *Okunribido et al. (2007)* recomenda no seu estudo a adoção do sistema de transmissão manual em detrimento do automático, uma vez que este permitirá efetuar mudanças de marcha mais suaves, reduzindo a intensidade dos “abalos” sentidos durante a aceleração e desaceleração do veículo.

3.3.8 Metodologias de avaliação da exposição a VCI

Segundo os autores estudados, a metodologia adotada para avaliação da exposição dos motoristas de autocarros a VCI, estava em conformidade com as seguintes normas:

- ISO 2631-1:1997, referencial normativo que define os critérios de medição e avaliação de exposição das VCI (*Barreira et al., 2015*), (*Blood et al., 2015*), (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Lewis & Johnson, 2012*), (*Thamsuwan et al., 2012*), (*Blood et al., 2010*), (*Bovenzi, 2009*), (*Okunribido et al., 2007*);
- ISO 2631-5:2004, referencial normativo que estabelece o método de avaliação da probabilidade de efeitos adversos na saúde dos condutores que têm uma exposição prolongada VCI (*Barreira et al., 2015*), (*Blood et al., 2015*), (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Lewis & Johnson, 2012*), (*Thamsuwan et al., 2012*), (*Blood et al., 2010*).

Relativamente, ao equipamento adotado, a maioria dos estudos utilizou um acelerómetro seat pad ICP triaxial (*Blood et al., 2015*), (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Lewis & Johnson, 2012*), (*Thamsuwan et al., 2012*), (*Blood et al., 2010*), (*Okunribido et al., 2007*) com exceção do *Bovenzi (2009)* que utilizou um acelerómetro seat pad ICP uniaxial e o *Barreira et al. (2015)* que usou um acelerómetro SVANTEK, modelo SV 106 e modelo SV 948.

Dois dos parâmetros tidos, porventura, em atenção durante a realização dos estudos foram: a tipologia do pavimento, avaliaram sempre as vibrações em diferentes tipos de pavimentos, desde estradas citadinas, com lombas, a autoestradas com o piso liso, e, também, autoestradas com piso mais rugoso; e o tipo de assento utilizado. Neste último constatou-se a análise de assentos do tipo “*air suspension*” pelos autores *Thamsuwan et al. (2012)*, *Lewis & Johnson (2012)*, os autocarros avaliados por *Bovenzi (2009)* utilizavam assentos do modelo Recaro ErgoM e USSC Q91, enquanto os autocarros analisados pelo *Blood et al. (2015)* usavam assento do tipo Air Ride Bus Seat e EM-Active Seat e, por fim o *Barreira et al. (2015)* avaliou autocarros com assentos dos modelos ESTEBAN FA 416 E2 e ISRY 6860/875 EASY9. Os restantes autores não forneceram informação quanto ao modelo dos assentos dos autocarros avaliados nos seus estudos.

Na Tabela 2.3.2 é apresentada a compilação das metodologias de recolha de dados adotadas, equipamentos utilizados e parâmetros avaliados, bem como a legislação que serviu de base para análise dos resultados obtidos, para o conjunto de artigos selecionados na pesquisa bibliográfica, no que se refere à exposição dos condutores de autocarros a vibrações de corpo inteiro.

Tabela 3.3.2 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos pelos autores selecionados na pesquisa bibliográfica para VCI.

Autor e Ano	Tipo de assento	Medição	Equipamento	Norma para Medição	Legislação para avaliação dos resultados	Tipo de resultados apresentados
(Okunribido et al., 2007)	-	Medições ao longo de um período de 5min da aceleração.	Triaxial seat pad accelerometer	ISO 2631: 1997	Diretiva do Conselho Europeu 2002/44/CE	Peak acceleration (m.s^{-2}) VDV ($\text{m.s}^{-1.75}$) Crest factor
(Bovenzi, 2009)	-	700 Medições de 10min.	Uniaxial ICP accelerometer PCB tipo 356B40	ISO 2631-1:1997 Protocolo VIBRISKS (Lundstrom 2007)	Diretiva do Conselho Europeu 2002/44/CE	a_w (rms) A(8) (m.s^{-2}) VDV(8) ($\text{m.s}^{-1.75}$)
(Blood et al., 2010)	Recaro ErgoM e USSC Q91	Medições ao longo de 52 km (12km ruas da cidade, 29km numa nova autoestrada, 10km numa autoestrada velha e 1km ruas da cidade com lombas).	Seat pad ICP accelerometer (model 356B40; PCB Piezotronics; Depew, NY) e Calibrador Bruel & Kjaer 4294	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	A_w (m.s^{-2}) VDV ($\text{m.s}^{-1.75}$) TWA peak (m.s^{-2}) D_k (m.s^{-2}) Sed (MPa) SEAT _{Aw} (%) SEAT _{VDV} (%)
(Lewis & Johnson, 2012)	Air Suspension Seat	Medições ao longo de 52 km.	Seat pad ICP accelerometer (model 356B40; PCB Piezotronics, Depew, NY, USA)	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004 Diretiva do Conselho Europeu 2002/44/CE	$A_w(8)$ (m.s^{-2}) VDV(8) ($\text{m.s}^{-1.75}$) $D_k(8)$ (m.s^{-2}) Sed(8) (MPa) SEAT _{Aw} (%) e SEAT _{VDV} (%)

<i>(Thamsuwan et al., 2012)</i>	Air Suspension Seat. Modelo: Q91; USSC Group; Exton, Pennsylvania, USA	Medições ao longo de 37 km (12km de ruas da cidade, 14km de autoestrada nova, 10km de autoestrada velha e 1km de ruas da cidade com lombas), sem passageiros. Duração: aproximadamente 75min.	Tri-axial accelerometers. Modelo: 356B40; PCB Piezotronics; Depew, New York, USA	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-5: 2004	A(8) (m.s ⁻²) SEAT (%)
<i>(Thamsuwan et al., 2013)</i>	-	Medições ao longo de 37 km (12km de ruas da cidade, 14km de autoestrada nova, 10km de autoestrada velha e 1km de ruas da cidade com lombas), sem passageiros. Duração: aproximadamente 75min.	Seat pad ICP accelerometer (model 356B40; PCB Piezotronics; Depew, NY) e Calibrador Bruel & Kjaer 4294	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-5: 2004 e Diretiva do Conselho Europeu 2002/44/CE	A(8) (m.s ⁻²) VDV(8) (m.s ^{-1.75}) Sed (8) (MPa) SEAT (%)
<i>(Blood et al., 2015)</i>	Air Ride Bus Seat e EM-Active Seat	Utilização de um Simulador de vibrações com medições de 180 segundos.	Triaxial seat pad accelerometer	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	A(8) (m.s ⁻²) VDV(8) (m.s ^{-1.75}) Sed (8) (MPa)
<i>(Barreira et al., 2015)</i>	ESTEBAN FA 416 E2 e ISRY 6860/875 EASY9	Medições ao longo de quatro viagens completas.	Acelerómetro SVANTEK (modelo SV 106 e modelo SV 948, Poland)	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	ISO 2631-1: 1997 ISO 2631-5: 2004	RMS (m.s ⁻²) A(8) (m.s ⁻²) Sed (MPa) SEAT (%)

3.3.9 Medidas preventivas e de controlo de VCI

O controlo da exposição a vibrações no local de trabalho resulta de três ações (*Miguel, 2014*):

- Reduzir as vibrações na origem;
- Diminuir a transmissão da energia mecânica na superfície potencialmente irradiante;
- Reduzir a amplitude da vibração de superfícies irradiantes anteriormente mencionadas.

Para tal devem adotar-se medidas de controlo de engenharia, administrativas e de organização do trabalho, de modo a controlar a exposição e risco associado a vibrações.

No âmbito da engenharia, o melhoramento do assento ou sistema de suspensão do veículo poderá ajudar a reduzir a exposição a vibrações, assim como, a transmissão destas para os condutores. Os sistemas de suspensão ativos têm revelado permitir a redução do desconforto relacionado com as vibrações sob várias condições de condução (*Thamsuwan et al., 2013*).

Desta forma, a seleção de um assento adequado desempenha um papel importante na minimização das exposições a vibrações (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Blood et al., 2010*), (*Blood et al., 2015*).

Segundo o estudo desenvolvido por *Blood et al. (2010)* a adoção de um assento de silicone revela ser mais eficaz na redução da transmissão das vibrações, do que os assentos de espuma tradicionais. Também num estudo mais recente constatou-se que, os assentos de suspensão eletromagnética têm maior capacidade para atenuar as vibrações do que os assentos de suspensão de ar (*Blood et al., 2015*).

Acredita-se que, a tipologia do autocarro também poderá influenciar a transmissão de vibrações, tendo este parâmetro sido avaliado em diferentes estudos. Em relação a este fator, o estudo desenvolvido por *Thamsuwan et al. (2012)* com autocarros articulados revelou que estes apresentam maior transmissibilidade das vibrações, do que os autocarros *standard* e de longas viagens.

Barreira et al. (2015) também reforça a importância da implementação de estratégias de prevenção da área de engenharia, referindo a necessidade de adotar uma seleção ajustada de assentos, com apoio lombar e mecanismos de suspensão, bem como, de proceder à sua manutenção.

Já *Blood et al. (2015)* e *Nawayseh & Griffin (2010)* referem o efeito significativo na absorção de VCI, pela colocação e ajuste dos apoios dos pés e encostos, em condutores sentados.

Okunribido et al. (2007) sugere a alteração do sistema de transmissão automático pelo manual, de modo, a minimizar os pequenos “abalos” sentidos durante a aceleração e desaceleração do autocarro.

Por outro lado, no âmbito das medidas preventivas organizacionais, *Barreira et al. (2015)* refere a reorganização de rotas de acordo com o tipo de pavimento, a determinação de intervalos de descanso regulares e a contínua formação dos condutores em relação aos riscos das vibrações, como principais medidas a adotar para reduzir os efeitos de exposição a vibrações.

Também *Okunribido et al. (2007)* e *Anderson (1992)* defendem a necessidade de encorajar os condutores a efetuarem pausas regulares, para aliviar o *stress* e alongar os membros inferiores,

bem como, a rotatividade dos condutores, para reduzir o tempo que estão expostos e a realização de inquéritos de avaliação para identificação de possíveis perturbações na saúde dos trabalhadores.

Como medida administrativa é também importante promover a realização de exames médios periódicos, para vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a vibrações (*Freitas & Cordeiro, 2013*).

Para além das medidas de prevenção e controlo de engenharia e organizacionais que possam ser implementadas pelas empresas de autocarros é recomendado que os próprios condutores adotem determinados hábitos que ajudem a reduzir os efeitos causados pela exposição a VCI, nomeadamente, o ajuste da velocidade em conformidade com as condições de condução, a prática regular de exercício físico e de uma alimentação saudável (*Barreira et al., 2015*).

Importa, ainda referir que a manutenção e melhoria das condições rodoviárias, particularmente, as condições dos pavimentos, apesar de não ser da responsabilidade das empresas de transporte coletivo de passageiros é sugerida, uma vez que, esta é a principal fonte de vibrações e desempenha um papel crucial no conforto, não só dos motoristas de autocarros, mas também dos passageiros (*Barreira et al., 2015*).

3.3.10 Efeito combinado da exposição a ruído e VCI

Diversos estudos já foram levados a cabo, relativamente aos efeitos da exposição isolada a ruído e vibrações. Contudo, ainda, não foram extensivamente estudados os efeitos combinados destas variáveis (*Ljungberg, 2008*).

Embora seja bastante comum que a exposição ao ruído seja o único ou o mais significativo fator de *stress* no ambiente de trabalho, a exposição a VCI é quase sempre acompanhada de quantidades igualmente significativas de ruído (*Ljungberg, 2008*).

Deste modo, apesar, da perda auditiva ser expectável em ambientes com elevados níveis de ruído, também se verifica a degradação da capacidade auditiva em ambientes em que os trabalhadores estão expostos a períodos prolongados a vibrações de corpo inteiro (*Nassiri et al., 2014*).

A exposição prolongada ao ruído ocupacional não causa, somente, danos físicos como também danos psicológicos e sociais (*Timmings & Granger, 2010*).

Dentro dos danos físicos destacam-se a perda auditiva e surdez (*Freitas & Cordeiro, 2013*), isquemia cardíaca, fadiga e dor de cabeça (*Freitas & Cordeiro, 2013*), (*Mohammadi, 2014*).

No âmbito dos danos psicológicos salienta-se a incomodidade (*Sanju & Kumar, 2016*), (*Silva & Correia, 2013*), a irritabilidade, a ansiedade, a agressividade, a depressão e as perturbações do sono (*Freitas & Cordeiro, 2013*).

Para além disso, a exposição a níveis de ruído elevados interferem com a comunicação (*Nadri et al., 2012*), podendo conduzir à ocorrência de acidentes (*Timmings & Granger, 2010*).

Freitas & Cordeiro (2013) refere, ainda, como efeito da exposição ao ruído ocupacional, a ocorrência de alterações nos sistemas respiratórios e gastrointestinais, enquanto *Timmings & Granger (2010)* salienta a ocorrência de problemas psicológicos e sociais, tais como, diminuição

da concentração e da capacidade de atenção, perda de memória, isolamento social e dificuldade em estabelecer e manter relações.

No que se refere a efeitos fisiológicos e psicológicos das vibrações de corpo inteiro estas não variam muito das mencionadas para o ruído. No entanto, os sintomas decorrentes da exposição tendem a variar com a gama de frequências (*Miguel, 2014*).

Deste modo, para uma gama de frequências até 10 Hz, os principais sintomas resultantes da exposição são: sensação de desconforto, sensações no maxilar inferior, contrações musculares, dores no peito e dores abdominais. Para a gama de frequências entre os 10Hz e os 20Hz constata-se sensações a nível da cabeça e da garganta, aumento do ritmo respiratório, urgência em urinar e defecar, aumento do tônus muscular e alterações no sistema cardiovascular.

É, ainda possível a longo prazo, surgirem alterações patológicas, tais como, afeções crónicas da coluna e das articulações, disfunções ao nível dos sistemas cardiovascular, cardiopulmonar, musculoesquelético, endócrino, nervoso, gastrointestinal e metabólico (*Miguel, 2014*).

Blood et al. (2010) defende que a exposição prolongada a vibrações pode causar irritação, stress, fadiga e problemas de concentração nos trabalhadores, para além de dores lombares.

Todos estes efeitos influenciam a performance dos trabalhadores na execução das suas tarefas (*Blood et al., 2010*), podendo contribuir para a redução da produtividade, aumento do número de erros cometidos e ocorrência de acidentes de trabalho (*Universitas, 2010*).

Para além disso, a utilização de assentos inadequados, a adoção de posturas incorretas e a fadiga muscular têm sido identificados como fatores que contribuem para o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas e de lesões lombares (*Lewis & Johnson, 2012*).

A intensidade das vibrações e a duração da exposição determinam a relação dose-resposta, para além de proporcionarem o aumento do risco de lesões. Os motoristas de transportes públicos das grandes áreas metropolitanas são os que mais queixas apresentam, comparativamente a outros profissionais (*Bovenzi, 2009*), (*Thamsuwan et al., 2013*).

No que diz respeito aos efeitos da exposição combinada a ruído e vibrações, estudos desenvolvidos demonstram que, a combinação de ruído com vibrações de corpo inteiro de diferentes frequências e níveis é difícil e complicada de se interpretar (*Ljungberg, 2008*).

Segundo *Ljungberg & Neely (2007)* o efeito combinado do ruído e das VCI tende a ser mais stressante e a dificultar mais a realização de tarefas cognitivas, do que a exposição a estas variáveis isoladamente.

Seria de esperar que, com a combinação de ruído e de vibrações o desconforto aumentasse. Contudo observa-se que o desconforto causado por baixos níveis de ruído pode ser mascarado por altas magnitudes de vibrações e, por outro lado, o desconforto causado por baixas magnitudes de vibrações pode ser mascarado por elevados níveis de ruído. A este fenómeno denomina-se “*informational masking*” (*Huang & Griffin, 2014b*).

Se por um lado, perante níveis de ruído elevados e vibrações de magnitude baixa, a perceção das vibrações decresce em detrimento da perceção do ruído, criando um efeito antagónico, por outro lado, observa-se um efeito sinérgico quando ambos, o nível do ruído e a magnitude das vibrações, são elevados (*Griffin, 1990*).

Desta forma, enquanto alguns estudos revelam a existência de um fenómeno de *masking* perante a exposição simultânea a ruído e vibrações, outros estudos demonstram nenhuma (ou poucas) evidências de interação entre estes dois fatores. Tal significa que a avaliação dos estímulos combinados de ruído e vibrações é equivalente à soma das avaliações dos estímulos individuais (*Genuit, 2009*)(*Huang & Griffin, 2014a*).

3.3.11 Metodologias de avaliação da exposição a ruído e VCI

Da pesquisa bibliográfica realizada foi, ainda, possível identificar três estudos, que procederam à avaliação da exposição de motoristas de autocarros simultaneamente a ruído e a VCI. Um deles em autocarros *standard* e os restantes dois em autocarros articulados.

No que se refere à metodologia adota para avaliação do ruído e das vibrações de corpo inteiro, constata-se que, em todos os estudos o procedimento de medição estava de acordo com as seguintes normas:

- PN-EN 30326-1— “Mechanical vibrations. Laboratory method of evaluating the seat vibrations in a vehicle. Basic requirements.”
- PN-91-N-01352 — “Vibrations. Principles of taking measurements at work.” (equivalente à ISO 2631-1, 1997).
- PN-ISO 9612— “Acoustics. Guidelines to measurements and assessment of impacts of noise exposure at work.”
- PN-EN 60651: 2002 (U) — “Sound level measures. General requirements and tests.”
- PN-90-S-04052 — “Admissible noise level inside vehicles.”

As medições nos três estudos foram realizadas em três pontos do autocarro, na parte frontal (condutor), recorrendo a um dosímetro e medindo as vibrações no assento; no centro do autocarro, onde foram efetuadas medições das vibrações do chão do autocarro e níveis de ruído e na parte traseira, em que foram medidas as vibrações nos lugares dos passageiros e o ruído (*Damijan et al., 2012*) (*Damijan et al., 2011*) (*Damijan, 2010*).

Os equipamentos utilizados para as medições foram os seguintes:

- Dosímetro;
- SVAN 948, I, SVANTEK, 6549;
- SVAN 948, I, SVANTEK, 6565;
- SVAN 945, I, SVANTEK, 6453.

Na Tabela 2.3.3 são apresentados os principais resultados obtidos de exposição a ruído e a vibração para o condutor, em cada um dos estudos analisados.

Tabela 3.3.3 – Resultados obtidos para a exposição do condutor a ruído e VCI.

	<i>(Damijan, 2010)</i>	<i>(Damijan et al., 2011)</i>	<i>(Damijan et al., 2012)</i>
$a_{w,eq}$ [$m.s^{-2}$]	0.411	0.321	0.317
$L_{Aeq,T}$ [dB(A)]	70.0	64.9	68.5
L_{Amax} [dB(A)]	99.2	89.5	86.1
$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	63.8	60.9	48.9
L_{Cpeak} [dB(C)]	138.7	119.3	113.3

Por análise da Tabela 2.3.3 é possível aferir que, os resultados alcançados por *Damijan, (2010)* e pelo *Damijan et al. (2011)* com um autocarro de modelo MAN SG242 e com Solaris Urbino 18, respetivamente, foram piores, comparativamente com os valores obtidos para o autocarro Solaris Urbino 12 avaliado no estudo de *Damijan et al. (2012)*.

Contudo, é importante referir que, o autocarro de modelo MAN SG242 e Solaris Urbino 18 dizem respeito a autocarros do tipo articulado, enquanto o terceiro modelo, Solaris Urbino 12, corresponde a um autocarro do tipo *standard*.

Na Tabela 2.3.4 é apresentada a compilação das metodologias de recolha de dados adotadas, equipamentos utilizados e parâmetros avaliados, bem como a legislação que serviu de base para análise dos resultados obtidos, para o conjunto de artigos selecionados na pesquisa bibliográfica, no que se refere à exposição a ruído e VCI, para os três estudos em questão.

Tabela 3.3.4 – Compilação das metodologias adotadas e parâmetros medidos para os estudos com medição simultânea de ruído e VCI.

Autor e Ano	Tipo de autocarro	Medição	Equipamento	Norma para Medição	Legislação para avaliação dos resultados	Tipo de resultados apresentados
(Damijan, 2010)	MAN SG242	Medições ao longo de 54km. Duração: das 6:58 até 8:45	Dosímetro SVAN 948, I, SVANTEK, 6549 SVAN 948, I, SVANTEK, 6565 SVAN 945, I, SVANTEK, 6453	PN-EN 30326-1 PN-91-N-01352 PN-ISO 9612 PN-EN 60651: 2002 PN-90-S-04052	Journal of Laws no 217 of 18 December 2002, item 1833; Journal of Laws no 212 of 28 October 2005 item 1769; Journal of Laws no 157 of 19 August 2005 item 1318; Journal of Laws no 136 of 25 July 2005 item 1145; Journal of Laws no 127 of 10 August 2002 item 1092;	$a_{w,eq}$ (m.s ⁻²) $L_{Aeq,T}$ (dB) L_{Amax} (dB) $L_{EX,8h}$ (dB) L_{Cpeak} (dB)
(Damijan et al., 2011)	Solar Urbino 18	Medições ao longo de 11284	Dosímetro SVAN 948, I, SVANTEK, 6549 SVAN 948, I, SVANTEK, 6565 SVAN 945, I, SVANTEK, 6453	PN-EN 30326-1 PN-91-N-01352 PN-ISO 9612 PN-EN 60651: 2002 PN-90-S-04052	Journal of Laws nº 217 of 18 December 2002, item 1833; Journal of Laws nº 212 of 28 October 2005, item 1769; Journal of Laws nº 157 of 19 August 2005, item 1318; Journal of Laws nº 136 of 25 July 2005, item 1145; Journal of Laws nº 127 of 10 August 2002, item 1092	$a_{w,eq}$ (m.s ⁻²) $L_{Aeq,T}$ (dB) L_{Amax} (dB) $L_{EX,8h}$ (dB) L_{Cpeak} (dB)
(Damijan et al., 2012)	Solar Urbino 12	Medições ao longo de 6833 segundos.	Dosímetro SVAN 948, I, SVANTEK, 6549 SVAN 948, I, SVANTEK, 6565 SVAN 945, I, SVANTEK, 6453	PN-EN 30326-1 PN-91-N-01352 PN-ISO 9612 PN-EN 60651: 2002 PN-90-S-04052	Journal of Laws Nº 212 of 28 October 2005 item 1769; Journal of Laws Nº 114 item 545; Journal of Laws Nº 127, item 1092 of 2002; Journal of Laws Nº 136 of 5 July 2005, item 1145	$a_{w,eq}$ (m.s ⁻²) $L_{Aeq,T}$ (dB) L_{Amax} (dB) $L_{EX,8h}$ (dB) L_{Cpeak} (dB)

4 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Objetivos da Dissertação

Após definido o objetivo geral de analisar a exposição de condutores de autocarros *standard* a ruído e VCI e de se proceder a um aprofundamento do conhecimento sobre as temáticas em estudo, foram definidos os objetivos específicos desta dissertação:

- Identificar os principais fatores que contribuem para a exposição a ruído e VCI em autocarros *standard*;
- Verificar se os postos de trabalho dos motoristas de autocarros se encontram em conformidade com os requisitos legais, no que se refere a ruído e VCI;
- Identificar padrões de ruído e de VCI, em função dos percursos e tipos de pavimento em que circulam os autocarros;
- Estabelecer correlações entre o ruído e as VCI ao longo do percurso;
- Propor medidas preventivas e/ou corretivas com vista a melhorar as condições de trabalho dos motoristas de transportes públicos.

4.2 Materiais e Métodos

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados quer para recolha dos dados de ruído e VCI, como para a sua posterior análise.

Importa referir que, a recolha dos dados avaliados ao longo do presente documento não foi realizada pela autora, mas sim, durante a elaboração de outro trabalho. Assim, apesar de se explicitar a metodologia adotada para a recolha de dados de ruído e vibrações de corpo inteiro, na presente dissertação procede-se, apenas, à análise de dados já previamente recolhidos.

4.2.1 Equipamento de medição de ruído utilizado

O instrumento utilizado para a monitorização do ruído nos autocarros em análise foi o Sonómetro 01 dB Blue Solo da 01 dB Metravib, ilustrado na Figura 3.2.1. Este equipamento trata-se de um sonómetro integrador com classe de exatidão 1.

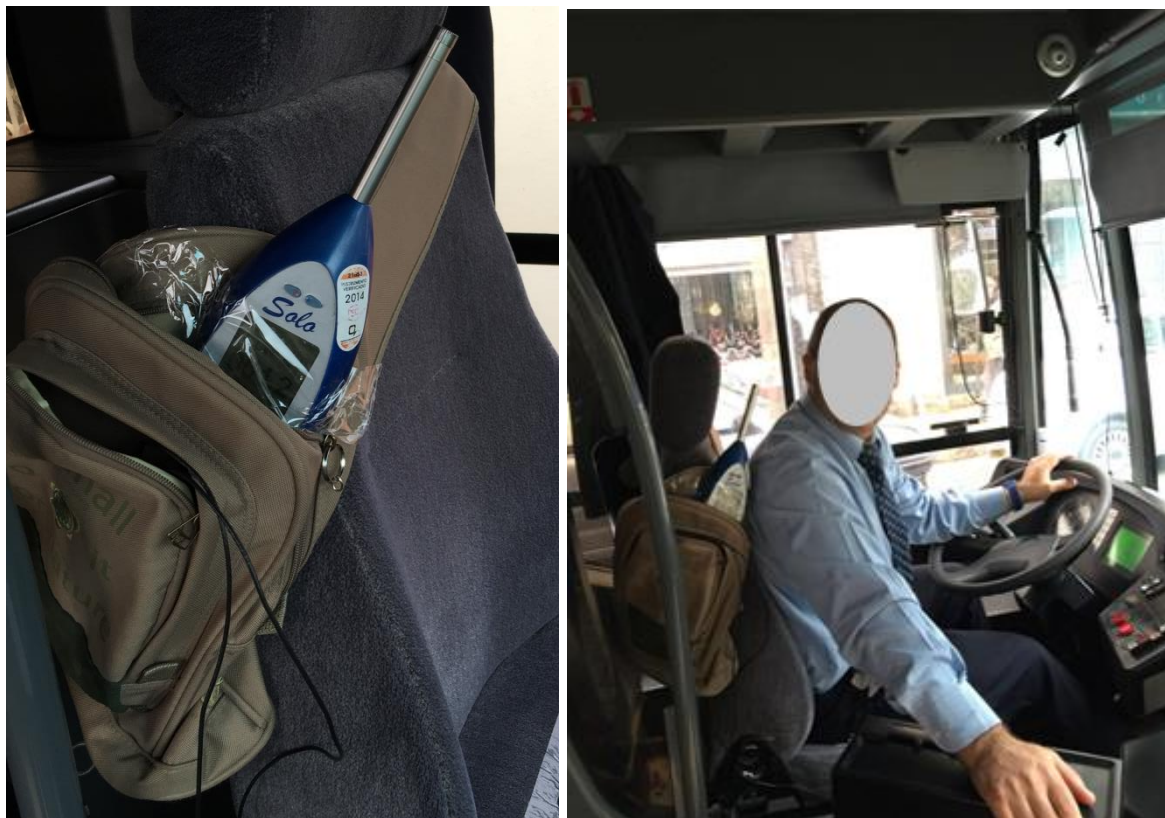


Figura 4.2.1 – Ilustração do sonómetro 01dB Blue Solo e o seu posicionamento no autocarro.

No que se refere à regulamentação aplicável à medição do ruído, o sonómetro SOLO cumpre os requisitos definidos no Decreto-Lei nº 182/2006 de 6 de setembro.

Assim, de modo a cumprir os requisitos legais é fundamental proceder à calibração anual do instrumento por entidades acreditadas. Neste caso a entidade responsável pela verificação metrológica foi a ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade, assim como pela calibração do calibrador de Marca Rion NC-74.

4.2.2 Equipamento de medição de vibrações de corpo inteiro utilizado

No que diz respeito ao equipamento adotado para monitorização das vibrações de corpo inteiro, utilizou-se um acelerómetro triaxial e um analisador de vibrações da marca Polaca SVANTEK, modelo SV 106 com capacidade para medição das vibrações nos três eixos (longitudinal x, lateral y, vertical z) de acordo com as recomendações da *ISO 2631-1 (1997)*, assim como, representado na Figura 3.2.2.

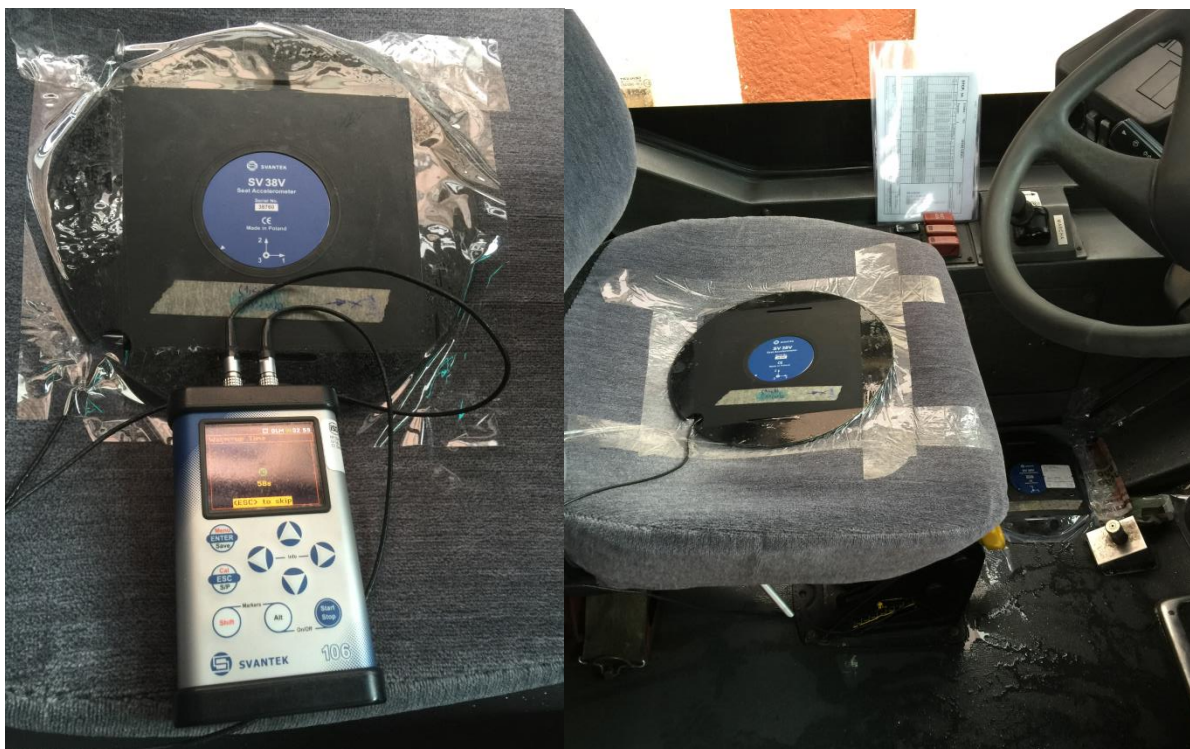


Figura 4.2.2 – Ilustração do analisador de vibrações e o seu posicionamento no autocarro.

O equipamento referido é provido de 6 canais para medições simultâneas de VCI e também VMB. Para este analisador ter capacidade de avaliar as VCI foi-lhe acoplado o acessório de medição de VCI Svantek SV 100 Human Vibration Meter/Analyser.

Relativamente à aquisição de dados para a presente dissertação, as medições foram programadas para intervalos de 1 segundo com gravação automática no cartão de memória micro SD flash.

4.2.3 Metodologia para recolha dos dados. Caracterização dos percursos, motoristas e autocarros.

Os dados relativamente a ruído e vibrações de corpo inteiro alvos de análise na presente dissertação não foram recolhidos pela autora, mas sim para um trabalho já anteriormente realizado.

Aquando da recolha dos dados foi necessário estabelecer os percursos onde seriam executadas as medições, identificar o tipo de autocarros utilizados nos trajetos em análise, bem como, a amostra de condutores responsáveis por conduzir os autocarros.

A recolha dos dados foi efetuada por meio de folhas de campo, previamente elaboradas, que serviram de apoio para a caracterização sociodemográfica dos motoristas, contendo ainda algumas questões relativamente aos seus estados de saúde, para além de identificar as paragens existentes em cada percurso e possibilitar anotações de acontecimentos mais revelantes durante a monitorização que possam influenciar os resultados.

O modelo da referida folha de campo elaborado pela Eng.^a Luciana Pedrosa, Prof.^a Maria Luísa Matos e Prof. Paulo Costa foi aplicado, encontrando-se um exemplar para cada um dos percursos analisados no Anexo I (percurso C) e Anexo II (Percurso D).

Com o intuito de assegurar o anonimato dos participantes, os 10 condutores analisados foram identificados pelas seguintes letras (B, C, D, E, F, G, H, I, J e K).

No que se refere aos percursos estudados, identificados pelas letras C e D, estes são constituídos por troços em meio urbano e meio suburbano e apresentam períodos médios de monitorização e de percurso, considerando ida e volta, representados na Tabela 3.2.1.

Importa, ainda, referir que, durante o período de monitorização foram considerados, para cada percurso estudado, quatro viagens, duas de Ida e duas de Volta.

Tabela 4.2.1 – Períodos médios de monitorização e de percurso de ida e volta.

	Percurso C	Percurso D
Monitorizado	3:07:46	3:09:59
Do percurso	2:50:31	2:50:18
Da 1ª Ida	00:44:41	00:38:39
Da 1ª Volta	00:42:41	00:39:41
Da 2ª Ida	00:46:37	00:41:28
Da 2ª Volta	00:39:01	00:41:31
Intervalos ⁷	00:17:12	00:27:41

Para um melhor enquadramento dos dois percursos em estudo, são apresentadas nas Figuras 3.2.3 e 3.2.4, o mapa referente ao percurso C ida e volta e ao percurso D ida e volta, respetivamente.

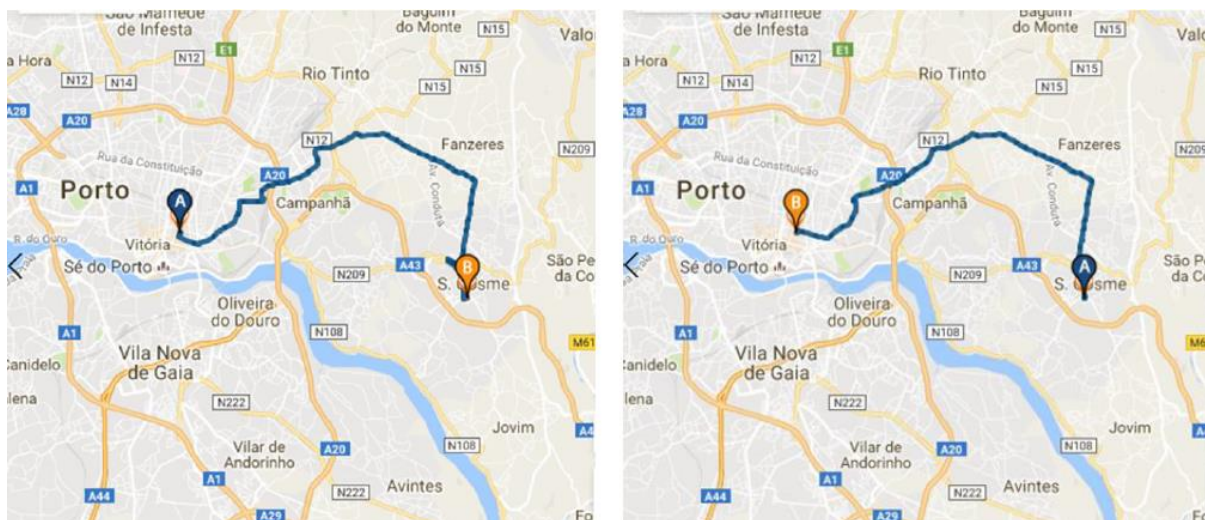


Figura 4.2.3 – Ida (lado esquerdo) e Volta (lado direito) do Percurso C

⁷ O tempo médio representado corresponde aos intervalos entre viagens durante a monitorização.

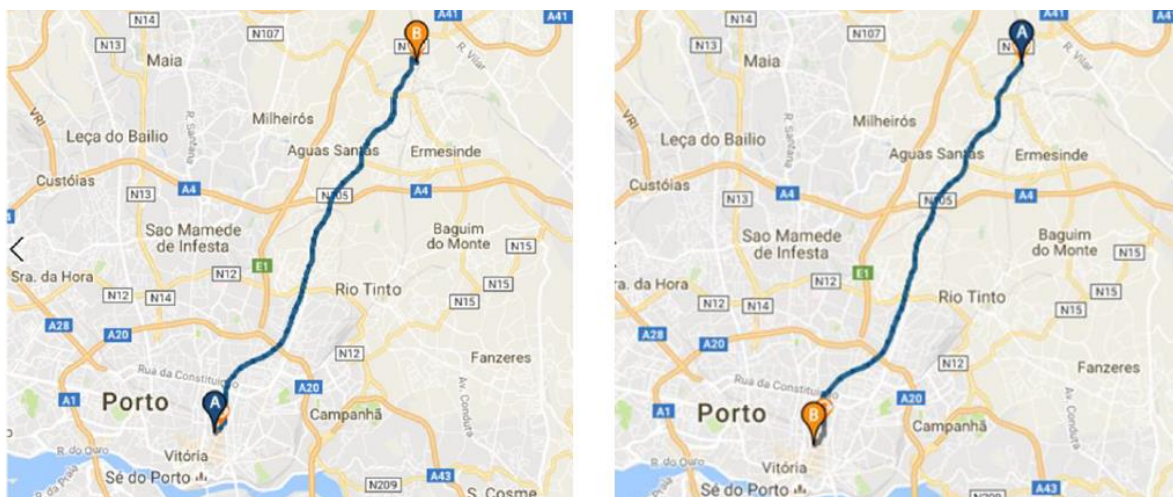


Figura 4.2.4 – Ida (lado esquerdo) e Volta (lado direito) do Percurso D

Relativamente ao tipo de pavimento, ambos os percursos são realizados sobretudo sobre asfalto, não se tendo constatado durante o período de monitorização, situações de piso misto, isto é, situações em duas das rodas laterais do autocarro circulavam em piso empedrado e as outras duas em asfalto (Tabela 3.2.2).

Tabela 4.2.2 – Tipo de pavimentos por percurso

Percurso	Tipo de Pavimento		
	Asfalto	Empedrado	Piso Misto
C	95.6 %	4.4 %	0 %
D	93.5 %	6.5 %	0 %

Na Tabela 3.2.3 é possível analisar o tipo de pavimento, mas por viagem realizada.

Tabela 4.2.3 – Tipo de pavimentos por viagem

Percurso	Viagem	Tipo de Pavimento		
		Asfalto	Empedrado	Piso Misto
C	Ida	92.6 %	7.4 %	0 %
	Volta	98.6 %	1.4 %	0 %
D	Ida	90.6 %	9.4 %	0 %
	Volta	96.4 %	3.6 %	0 %

Importa ainda referir que, foi também aplicada a codificação presente na Tabela 3.2.4 para o tipo de autocarro e para as viagens monitorizadas.

Tabela 4.2.4 – Codificação utilizada para definição do tipo de autocarro e viagens monitorizadas

Tipo de autocarro	Codificação	Viagens	Codificação
Min Bus	1	1ª Ida	1
2 Pisos	2	1ª Volta	2
Articulado	3	2ª Ida	3
Standard	4	2ª Volta	4

Deste modo, para designação do condutor, do percurso, do tipo de autocarro e da viagem recorrer-se-á às designações anteriormente apresentadas, sendo que, por exemplo, a seguinte codificação: BC41, corresponderá ao condutor B, no percurso C, com o autocarro do tipo 4 e na 1ª ida.

No que concerne, a caracterização dos motoristas em análise foi parte fundamental e foi realizada com o apoio das folhas de campo, utilizadas durante a monitorização.

Esta mesma caracterização encontra-se representada na Tabela 3.2.5.

Tabela 4.2.5 – Caracterização da amostra de motoristas envolvidos no estudo

Motoristas	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L
Género	Masc.	Masc.	Fem.	Masc.	Masc.	Masc.	Masc.	Fem.	Masc.	Masc.
Idade (anos)	47	43	40	46	44	41	41	37	42	39
Peso (kg)	82.8	87.5	65.3	104.8	74.5	91.6	76.6	86.1	95.3	89.5
Altura (cm)	172	174	160	173	170	169	182	165	173	170
Escolaridade	9º ano	9º ano	9º ano	6º ano	9º ano	6º ano	11º ano	11º ano	9º ano	9º ano
Categoria Profissional	Técnico de condução	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista	Motorista
Horas de trabalho diário	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40	6h40
Tempo de serviço na empresa (anos)	20	19	6	19	23	16	17	7	17	17
Tempo de serviço no posto de trabalho em estudo (anos)	20	19	22	19	25	16	17	7	17	17
Profissão anterior	Serralheiro Mecânico	Eletricista	Motorista	Cozinheiro	Motorista	Serralheiro	Motorista	Operadora de posto de abastecimento	Marceneiro	Serralheiro
Tipos de autocarros conduzidos	Todos + viaturas militares	Todos + Trator + Autocarros de mercadorias	Todos (menos motos)	Ligeiros Pesados Motos	Ligeiros e Autocarros	Todos	Todos	Ligeiros + Pesados de passageiros	Ligeiros e Camiões	Todos e Camiões

Com base nos dados apresentados na Tabela 3.2.5 foi possível elaborar os seguintes gráficos de distribuição da amostra de acordo com o género (Figura 3.2.5), idade (Figura 3.2.6), escolaridade (Figura 3.2.7) e tempo de trabalho na empresa em estudo (Figura 3.2.8).

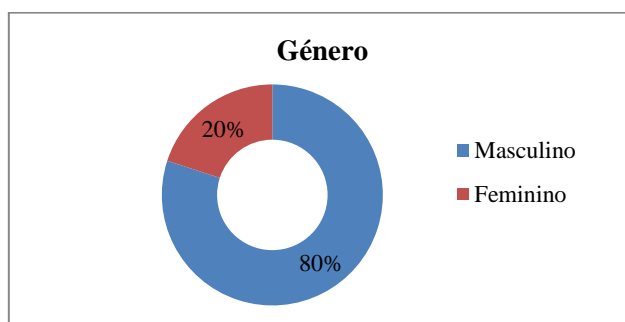


Figura 4.2.5 – Distribuição da amostra de motoristas por género.

Pela Figura 3.2.6 é possível constatar que, a maioria dos motoristas, em estudo, são do género masculino (80%).

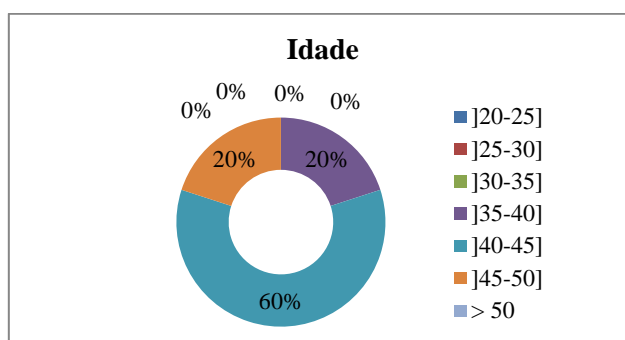


Figura 4.2.6 – Distribuição da amostra de motoristas por idade.

Relativamente à idade (Figura 3.2.6) verifica-se que apenas uma pequena percentagem dos motoristas apresenta idades inferiores a 40 anos (20%), os restantes 20% apresentam idades superiores a 45 e inferiores a 50 anos. Por outro lado, mais de metade dos motoristas (60%) têm idades compreendidas entre 40 e 45 anos.

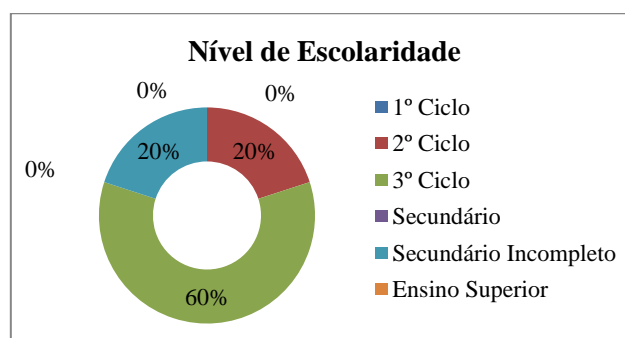


Figura 4.2.7 – Distribuição da amostra de motoristas por nível de escolaridade.

Cerca de 60% dos motoristas possuem o 3º ciclo de escolaridade completo (9º ano). Por outro lado apenas 20%, apresentam níveis de escolaridade superiores, nomeadamente o 11º ano e existem outros 20% que, apenas completaram o 6º ano de escolaridade (Figura 3.2.7).

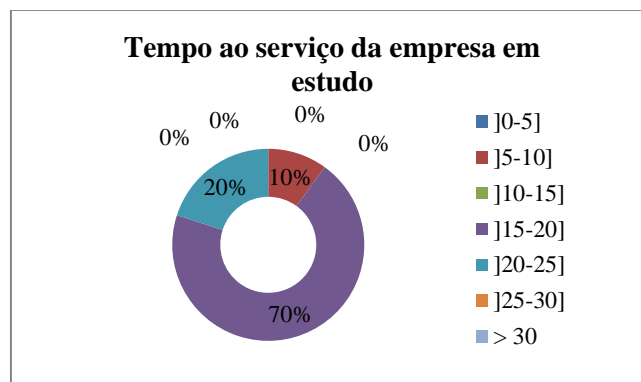


Figura 4.2.8 – Distribuição da amostra de motoristas por tempo ao serviço na empresa em estudo

Relativamente ao tempo ao serviço da empresa em estudo (Figura 3.2.8) constata-se que, 70% dos motoristas analisados trabalham há mais de 15 anos e menos de 20. Dos restantes, 20% trabalham há mais de 20 anos e menos de 25 anos e 10% trabalham entre 5 e 10 anos.

Por fim, no que concerne à caracterização dos veículos utilizados durante o estudo, no presente caso foram autocarros *standard* (Figura 3.2.9).



Figura 4.2.9 – Ilustração do autocarro tipo *Standard*

Os dados recolhidos através das folhas de campo, referentes à caracterização dos autocarros em estudo são exibidos nas Tabelas 3.2.6 e 3.2.7.

Tabela 4.2.6 – Características gerais dos autocarros em análise

Tipo de autocarro	Marca	Modelo	Ano de Fabrico	Tipo de combustível	Potência (KM) (CV)	Cilindrada
<i>Standard</i>	Mercedes	Citaro	2000	Diesel	205-275	6370

Tabela 4.2.7 – Características gerais dos autocarros em análise

Tipo de autocarro	Localização do Motor	Localização da Porta	Existência de ar condicionado	Tipo de caixa de velocidades	Lotação		
					Sentado	Em Pé	Cadeira de rodas
<i>Standard</i>	Atrás	Frente e Traseira	Sim	Automática	34	61	1

4.2.4 Metodologia para tratamento dos dados

Após a recolha dos dados com os equipamentos suprarreferidos foi necessário proceder ao seu tratamento e, para tal, recorreu-se à utilização de dois *softwares*.

O primeiro *software* designado de “dBTrait 5.1”, permite analisar as medições realizadas, obtendo parâmetros de caracterização da exposição individual ao ruído ocupacional, nomeadamente o L_{Eq} , $L_{EX,8h}$ e o L_{Cpico} , assim como, gráficos representativos dos espectros de amostragem e distribuições de amplitude conforme as variáveis pretendidas.

O segundo *software* utilizado foi o “Svan Pc ++”, versão 3.1.1 da Svanetek, que possibilitou analisar os dados relativos a VCI, através de determinados parâmetros, tais como, aceleração instantânea ponderada em frequência (a_w), valor de pico máximo (Peak), valor máximo de vibração transiente (MTVV) e valor de dose de vibração (VDV). Também com este programa foi possível obter gráficos de variação dos valores de RMS para cada um dos eixos ao longo do tempo e em função do percurso.

Importa ainda referir que, também foram exportados dados provenientes destes *softwares* para o *Microsoft Excel*, no qual foi possível efetuar outros cálculos pretendidos, nomeadamente, $A(8)$, SEAT, S_{ed} e R.

PARTE 2

5 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Dados monitorizados para o cálculo da exposição ao ruído

Apesar de não se ter procedido durante a presente dissertação à recolha dos dados, assim como referido anteriormente, analisaram-se 10 amostras, cada uma correspondente a um motorista, tanto a nível de exposição de ruído ocupacional, como a nível de VCI.

No caso do ruído as amostras foram analisadas utilizando o *software* “dBTrait 5.1”, que permitiu, nomeadamente, obter nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, médio, máximo e mínimo (L_{Aeq} , $L_{Aeq\ max}$, $L_{Aeq\ min}$) e nível de pressão sonora de pico, ponderado C (L_{Cpico}), para cada motorista, tal como apresentado na Tabela 4.1.1.

Tabela 5.1.1 – Resumo dos resultados obtidos na monitorização para o percurso C e D.

Percurso	Condutor	L_{Aeq} [dB (A)]	$L_{Aeq\ min}$ [dB (A)]	$L_{Aeq\ max}$ [dB (A)]	L_{Cpico} [dB (C)]
C	G	70.3	51.7	89.3	123.2
	I	71.8	54.3	86.1	119.5
	J	70.2	54.6	99.3	121.7
	K	72.3	56.3	100.1	118.2
	L	72.2	42.2	94.2	127.8
D	B	71.3	37.5	95.0	115.7
	C	74.5	35.2	92.7	120.0
	D	71.9	37.9	99.5	124.2
	E	70.4	56.6	93.6	121.8
	F	69.8	45.0	100.5	124.3

A Tabela 4.1.1 permite constatar que, o percurso e condutor com o código KC e FD são os que apresentam níveis sonoros contínuos equivalentes máximos mais elevados. Por outro lado, no que se refere ao pico de pressão sonora, ponderada C, a que estão sujeitos os 10 motoristas analisados verifica-se que, LC e FD apresentam valores de pico mais elevados.

Recorrendo ao *software* e com base nos dados recolhidos foi, ainda possível realizar uma análise mais profunda da exposição, nomeadamente, quanto aos níveis sonoros contínuos equivalentes (L_{Aeq}) por tarefa realizada (Tabela 4.1.2).

Para tal teve-se em consideração três tipos de tarefas durante a análise do ruído:

- Intervalo entre viagens;
- 1ª Ida e Volta;
- 2ª Ida e Volta.

Tabela 5.1.2 – L_{Aeq} por tarefa realizada.

Percurso	Condutor	Intervalos entre viagens [dB (A)]	1ª Ida e Volta [dB (A)]	2ª Ida e Volta [dB (A)]
C	G	67.0	69.9	71.0
	I	69.0	70.9	73.2
	J	71.3	70.1	70.0
	K	73.2	72.1	72.4
	L	75.4	72.2	72.0
D	B	71.4	70.2	72.2
	C	73.4	73.2	76.1
	D	75.3	70.8	70.5
	E	73.2	69.2	70.6
	F	72.4	68.5	69.1

A partir da análise da Tabela 4.1.2 constata-se que, de facto, não existem diferenças significativas entre os diversos tipos de tarefas analisados, estando os valores de L_{Aeq} integrados num intervalo entre 67,0 dB(A) e 76,1 dB(A), para ambos os percursos.

Também, se estudou a variação dos valores de L_{Aeq} para os dois tipos de pisos encontrados nos percursos – asfalto e empedrado. Os resultados alcançados são apresentados na Tabela 4.1.3.

Tabela 5.1.3 – Valores de L_{Aeq} para os dois tipos de pisos considerados durante os percursos.

Percurso	Condutor	Asfalto [dB (A)]	Empedrado [dB (A)]
C	G	70.2	70.0
	I	71.9	71.1
	J	70.3	69.4
	K	72.3	73.1
	L	73.3	71.4
D	B	71.3	71.1
	C	74.5	75.0
	D	70.8	75.7
	E	72.6	70.0
	F	69.4	71.5

Esperar-se-ia que, os valores de L_{Aeq} observados em empedrado fossem superiores aos verificados em asfalto, contudo através da análise da Tabela 4.1.3, apenas é possível constatar que os valores de níveis sonoros equivalentes são bastante aproximados, tanto em asfalto como em empedrado.

No entanto, é importante salientar que, a extensão do troço em empedrado, para ambos os percursos estudados, é bastante menor relativamente à extensão do troço em asfalto e, portanto é expectável que os resultados sejam inconclusivos.

Uma outra análise realizada foi relativamente às fontes de exposição ao ruído a que os motoristas estão expostos durante as viagens. Neste âmbito, tiveram-se em consideração 10

fontes, apesar de se terem identificado muitas mais, mas por limitação do *software*, apenas se analisaram 10 fontes de exposição.

Deste modo, as fontes tidas em consideração e analisadas na presente dissertação foram:

- Sem Inclinação;
- Inclinação Ascendente;
- Inclinação Descendente;
- Paragem;
- Semáforo;
- Trânsito;
- Passadeira;
- Ponte;
- Rotunda;
- Cruzamento.

Os resultados obtidos, relativamente, aos níveis sonoros contínuos a que estão expostos os diferentes motoristas, por fonte identificada, encontram-se exibidos na Tabela 4.1.4.

Tabela 5.1.4 – L_{Aeq} por fonte de exposição [dB(A)].

Fonte	Percurso C					Percurso D				
	G	I	J	K	L	B	C	D	E	F
Sem Inclinação	64.7	65.8	70.2	73.6	67.9	69.3	72.9	67.8	68.6	68.4
Inclinação Ascendente	71.6	73.1	70.0	71.9	72.9	71.5	75.6	72.1	71.7	70.4
Inclinação Descendente	71.3	73.0	70.1	73.5	73.4	71.4	75.7	70.5	70.6	70.7
Paragem	68.8	70.0	69.4	71.1	72.0	71.5	73.2	72.8	70.6	69.9
Semáforo	66.4	70.0	71.1	74.3	68.7	68.3	74.1	68.8	69.4	63.4
Trânsito	68.9	73.6	68.3	70.3	71.1	72.9	71.2	66.5	67.3	66.9
Passadeira	70.2	71.4	69.0	74.0	72.1	73.3	72.8	70.6	68.3	69.0
Ponte	71.7	75.2	71.7	72.7	73.4	73.7	73.6	74.0	71.2	70.0
Rotunda	68.3	71.2	69.6	70.9	70.6	72.5	74.4	72.5	69.1	68.2
Cruzamento	70.9	71.5	71.2	71.5	71.4	66.4	77.4	70.0	68.3	72.7
Fontes listadas juntas	70.2	71.7	69.9	72.2	72.2	71.3	74.2	71.7	70.1	69.4

A Tabela 4.1.4 permite verificar que os valores de L_{Aeq} são mais elevados, regra geral, tanto para o percurso C como no percurso D, para situações em que o piso apresenta inclinação ascendente e descendente. Por outro lado, pisos sem inclinação tendem a apresentar valores de níveis sonoros equivalente menores, assim como, a paragem em semáforos.

Esta tabela permite ainda constatar que, por exemplo no percurso C com o condutor G, a circulação ao longo de um dia de trabalho em piso sem inclinação permitiria que este motorista, apenas estivesse exposto a 64.7 dB(A).

5.2 Cálculo de incertezas associadas ao ruído

O *software* “dBTrait 5.1” também permite determinar a exposição sonora do motorista ao longo de 8 horas de trabalho ($L_{EX,8h}$), valor este que poderá ser, posteriormente comparável com a legislação em vigor, no sentido de avaliar se existem situações de exposição/risco.

Desta forma, com vista a avaliar a exposição ao ruído dos motoristas, procedeu-se à validação do cálculo do parâmetro $L_{EX,8h}$, de acordo com a norma em vigor (*NP EN ISO 9612:2011*). Esta norma estabelece as linhas orientadoras para o cálculo das incertezas associadas ao parâmetro $L_{EX,8h}$, através do fornecimento de um ficheiro Excel que possibilita a realização deste cálculo de forma automática.

Para a determinação da incerteza ($U(L_{EX,8h})$), teve-se por base a definição de um tempo de exposição de 8h (T_e) e identificaram-se, ainda, as seguintes fontes de incerteza:

- u_2 fonte de incerteza padrão, devido ao equipamento de medição que é de classe 1, cujo valor estipulado é 0.7;
- u_3 fonte de incerteza relativa à posição do microfone, cujo valor pré definido é 1;
- Para cada tarefa definida (Intervalo entre viagens, 1ª Ida e Volta e 2ª Ida e Volta) foi tido em conta um período de duração médio de 2.7 horas.

Um exemplo de cálculo recorrendo ao ficheiro Excel disponibilizado pela *NP EN ISO 9612:2011* encontra-se no Anexo III.

Na Tabela 4.2.1 são apresentados os valores de $L_{EX,8h}$ obtidos para os diferentes motoristas, de acordo com as tarefas definidas, e as respetivas incertezas associadas (U).

Tabela 5.2.1 – $L_{EX,8h}$ e respetivas incertezas associadas.

Percursos	Condutor	Intervalos entre viagens [dB(A)]	1ª Ida e Volta [dB(A)]	2ª Ida e Volta [dB(A)]	$L_{EX,8h}$ [dB(A)]	$L_{EX,8h} + U$ [dB(A)]	$L_{EX,8h} - U$ [dB(A)]
C	G	67.0	69.9	71.0	69.6 ± 1.2	70.8	68.4
	I	69.0	70.9	73.2	71.4 ± 1.2	72.6	70.2
	J	71.3	70.1	70.0	70.5 ± 1.2	71.7	69.3
	K	73.2	72.1	72.4	72.6 ± 1.2	73.8	71.4
	L	75.4	72.2	72.0	73.5 ± 1.2	74.7	72.3
D	B	71.4	70.2	72.2	71.3 ± 1.2	72.5	70.1
	C	73.4	73.2	76.1	74.4 ± 1.2	75.6	73.2
	D	75.3	70.8	70.5	72.8 ± 1.3	74.1	71.5
	E	73.2	69.2	70.6	71.3 ± 1.2	72.5	70.1
	F	72.4	68.5	69.1	70.4 ± 1.3	71.7	69.1

Como se deverá sempre analisar o pior cenário, no que diz respeito à avaliação da exposição ao ruído ocupacional, analisaram-se os valores de $L_{EX,8h}$ acrescidos da incerteza expandida.

Neste sentido, constata-se que no percurso C, o motorista L apresenta o valor de exposição ao ruído mais elevado (74.7 dB(A)), enquanto no percurso D, é o motorista C que apresenta o valor de exposição mais alto (75.6dB(A)).

5.3 Dados monitorizados para o cálculo da exposição a VCI

Com os dados obtidos de $a_{w(t)}$ com o equipamento de medição das vibrações, foi possível calcular o parâmetro RMS, para cada um dos eixos, e, posteriormente o parâmetro A(8) com base na Equação 1 e Equação 2, respetivamente.

$$\begin{aligned} \text{RMS}_x &= a_{w_{xmed}} \times k_x \\ \text{RMS}_y &= a_{w_{ymed}} \times k_y \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{RMS}_z &= a_{w_{zmed}} \times k_z \\ A(8) &= \text{RMS}_{m\acute{a}x} \times K \times \sqrt{\frac{T_i}{T_0}} \end{aligned} \quad (2)$$

Importa referir que, para o cálculo da exposição diária, A(8), considerou-se que T_i correspondia às 6.67 horas de trabalho efetivo dos motoristas estudados e T_0 correspondia às 8 horas de trabalho diário estabelecido por lei.

Também se determinou o parâmetro SEAT, que traduz o efeito de transmissão de vibrações através do assento. Para tal foi necessário recorrer à Equação 3, com base no RMS_z do assento e o RMS_z do piso.

$$\text{Seat} = \frac{\text{RMS}_z \text{ assento}}{\text{RMS}_z \text{ piso}} \times 100 \quad (3)$$

Os resultados obtidos para os dois percursos e diferentes motoristas são apresentados na Tabela 4.3.1.

Tabela 5.3.1 – Resultados obtidos para RSM, A(8) e SEAT.

Percurso	Condutor	RSM assento [m.s^{-2}]			RSM _z piso [m.s^{-2}]	A(8) [m.s^{-2}]	SEAT (%)
		x	y	z			
C	G	0.138	0.174	0.208	0.245	0.190	85.0
	I	0.170	0.165	0.185	0.217	0.169	85.1
	J	0.128	0.161	0.183	0.246	0.167	74.3
	K	0.154	0.163	0.192	0.248	0.176	77.6
	L	0.144	0.178	0.205	0.256	0.187	80.2
D	B	0.148	0.165	0.202	0.226	0.184	89.4
	C	0.127	0.143	0.168	0.199	0.154	84.5
	D	0.096	0.119	0.193	0.175	0.176	110.5
	E	0.115	0.143	0.246	0.198	0.225	124.4
	F	0.153	0.163	0.191	0.214	0.175	89.4

Da análise da Tabela 4.3.1 é possível contatar-se, de uma forma geral, duas situações. Primeiro nenhum dos motoristas revela uma exposição diária, A(8), superior ao valor de ação definido no Decreto-Lei nº 46/2006 de 24 de fevereiro (0.5 m.s^{-2}), logo não se verificam situações de risco. Segundo, no que se refere à transmissibilidade das vibrações através do assento é possível aferir que, tanto os motoristas do percurso C como os do percurso D apresentam valores de SEAT próximos. Além disso, a maioria dos valores obtidos para o parâmetro SEAT revelam ser inferiores a 100%, com exceção dos casos DD e ED, em que a vibração transmitida pelo assento é superior à do piso, resultando num SEAT superior a 100%.

5.4 Cálculo de incertezas associadas às VCI

No decorrer desta dissertação também, se procedeu à estimativa de incerteza associada à medição da exposição diária a vibrações de corpo inteiro, $A(8)$, de acordo com o modelo matemático definido no Guia Relacre 21.

Segundo este documento existem quatro fontes de incerteza que devem ser determinadas:

- Incerteza associada às medições das vibrações;
- Incerteza associada ao sistema de medição;
- Incerteza associada à duração da exposição;
- Incerteza associada ao arredondamento.

Após o cálculo destas quatro incertezas foi possível determinar a incerteza combinada e, por fim, a incerteza expandida associada à medição do parâmetro $A(8)$.

A título de exemplo e, de forma a explicar melhor os cálculos intermédios inerentes ao processo de estimativa da incerteza encontram-se no Anexo IV, os cálculos realizados para o condutor E do percurso D.

Na Tabela 4.4.1 são apresentados os valores de $A(8)$ obtidos para os diferentes motoristas e as respetivas incertezas.

Tabela 5.4.1 – $A(8)$ e respetivas incertezas associadas.

Percursos	Condutor	$A(8)$ [m.s ⁻²]	$A(8) + U$ [m.s ⁻²]	$A(8) - U$ [m.s ⁻²]
C	G	0.190 ± 0.01	0.191	0.189
	I	0.169 ± 0.01	0.170	0.168
	J	0.167 ± 0.01	0.168	0.166
	K	0.176 ± 0.01	0.177	0.175
	L	0.187 ± 0.01	0.188	0.186
D	B	0.184 ± 0.01	0.185	0.183
	C	0.154 ± 0.01	0.155	0.153
	D	0.176 ± 0.01	0.177	0.175
	E	0.225 ± 0.01	0.226	0.224
	F	0.175 ± 0.01	0.176	0.174

Através da Tabela 4.4.1 é possível constatar que a incerteza associada à medição do parâmetro $A(8)$ foi igual para todos os motoristas e equivalente a ± 0.01 .

Assim, como efetuado no caso do ruído, também, para as VCI se analisa sempre o pior cenário, sendo possível constatar que, com os valores obtidos após a soma da incerteza, nenhum motorista revela valores de exposição diária a VCI superior ao 0.5 m.s^{-2} definido por lei como valor de ação.

5.5 Avaliação dos efeitos na coluna lombar

No âmbito da exposição a VCI foram, ainda, analisados outros dois parâmetros, de acordo com a norma *ISO 2631-5:2004*, que permitiram avaliar os efeitos da vibração na coluna lombar, designadamente o parâmetro da dose equivalente de compressão na coluna (S_{ed}) e o fator R.

No cálculo da determinação dos efeitos na coluna lombar, foram aplicadas as Equações 4, 5, 6, 7 e 8 apresentadas seguidamente.

Para o cálculo do D_k , aplicou-se a Equação 4, na qual se realizou o somatório elevado a 1/6 dos valores PEAK obtidos com o equipamento de medição elevados ao expoente 6.

$$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6} \quad (4)$$

Seguidamente, calculou-se o parâmetro D_{kd} recorrendo à Equação 5. Importa referir, novamente, que para a aplicação da Equação 5, se considerou como duração da exposição diária (t_d) 6.67 horas, que corresponde às horas de trabalho efetivo dos motoristas analisados.

$$D_{kd} = \left[\sum_{j=1}^n D_{kj}^6 \frac{t_{dj}}{t_{mj}} \right]^{1/6} \quad (5)$$

Com base nos valores obtidos a partir da Equação 5 e considerando as constantes recomendadas pela norma *ISO 2631-5:2004*, para os valores de m_k ($m_x = 0.015 \text{ m.s}^{-2}$; $m_y = 0.035 \text{ m.s}^{-2}$ e $m_z = 0.032 \text{ m.s}^{-2}$) foi possível finalmente obter o valor de dose equivalente de compressão na coluna (S_{ed}), através da Equação 6.

$$S_{ed} = \left[\sum_{k=x,y,z} (m_k D_{kd})^6 \right]^{1/6} \quad (6)$$

A partir dos valores obtidos para o parâmetro S_{ed} determinou-se o fator R recorrendo à Equação 7.

R é definido como o fator usado na avaliação dos efeitos adversos para a saúde relacionados com a dose de aceleração da resposta humana. Este fator diferencia-se do parâmetro S_{ed} por ter em consideração o aumento da idade (e redução da força de trabalho) com o aumento do tempo de exposição (*ISO 2631-5:2004*).

$$R = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{ed} \times N^{1/6}}{S_{ui} - c} \right)^6 \right]^{1/6} \quad (7)$$

Na Equação 7, o valor de N corresponde ao número de dias de exposição por ano e é uma constante proposta na norma, que assume o valor de 240 dias, também, c é uma constante, assumindo o valor de 0.25 MPa e n , diz respeito ao número de anos de exposição do trabalhador. Por outro lado, o parâmetro S_{ui} , que diz respeito à variação da densidade óssea das vértebras com o avanço da idade, é calculado segundo a Equação 8. Nesta equação ($b+i$) refere-se à idade da pessoa em análise.

$$S_{ui} = 6.75 - 0.066(b + i) \quad (8)$$

Com base nas equações anteriormente apresentadas é possível, então, avaliar-se os efeitos das vibrações na coluna lombar, tendo como referência os valores limites estabelecidos na norma *ISO 2631-5:2004*, que se encontram exibidos na Tabela 4.5.1.

Tabela 5.5.1 – Valores para S_{ed} e R e respetivo significado, de acordo com a ISO 2631-5:2004.

Valores		Significado
R	S_{ed}	
$R < 0.8$	$S_{ed} < 0.5$	Indicador de baixa probabilidade de efeitos adversos na saúde.
$0.8 \leq R \leq 1.2$	$0.5 \leq S_{ed} \leq 0.8$	Indicador de moderada probabilidade de efeitos adversos na saúde.
$R > 1.2$	$S_{ed} > 0.8$	Indicador de elevada probabilidade de efeitos adversos na saúde.

Para os motoristas em estudo, os resultados obtidos para os parâmetros S_{ed} e R são apresentados na Tabela 4.5.2.

Tabela 5.5.2 – Resultados obtidos para S_{ed} e R.

Percurso	Condutor	D_k [m.s ⁻²]	D_{kd} [m.s ⁻²]	S_{ed} [MPa]	N [dias]	n	b+i [anos]	S_{ui}	R
C	G	14.1	16.0	0.6	240	16	41	4.0	0.6
	I	14.3	16.9	0.6		17	41	4.0	0.7
	J	17.4	19.7	0.7		7	37	4.3	0.6
	K	9.3	10.6	0.4		17	42	4.0	0.4
	L	13.6	15.5	0.6		20	39	4.2	0.6
D	B	11.5	13.2	0.5		20	47	3.6	0.6
	C	9.8	11.0	0.4		19	43	3.9	0.5
	D	7.9	8.9	0.3		22	40	4.1	0.4
	E	7.1	8.1	0.3		19	46	3.7	0.4
	F	15.0	17.1	0.7		25	44	3.8	0.8

Através da Tabela 4.5.2 verifica-se que, tanto pelos valores obtidos de S_{ed} , como pelos valores alcançados para o fator R, nenhum motorista apresenta elevada probabilidade de efeitos adversos na saúde ($S_{ed} > 0.8$ ou $R > 1.2$), perante a atual exposição a vibrações.

De facto, praticamente a totalidade dos motoristas apresentam valores de R inferiores a 0.8, o que é indicador de baixa probabilidade de efeitos adversos na saúde, apenas com exceção do condutor F do percurso D que revela um R igual a 0.8 e, portanto, indicador de moderada probabilidade de efeitos adversos na saúde. Este valor resulta do condutor F já ter muitos anos de exposição a vibrações (25 anos) e uma idade superior à maioria dos remanescentes condutores (44 anos).

Por outro lado, quando se analisa o valor de S_{ed} , com exceção dos condutores C, D e E do percurso D e o condutor K do percurso C, que apresentam um S_{ed} inferior a 0.5 MPa, todos os restantes motoristas revelam um S_{ed} indicador de moderada probabilidade de efeitos adversos na saúde, isto é, valores compreendidos entre 0.5 e 0.8 MPa.

A diferença de valores constatada entre o parâmetro S_{ed} e R, nomeadamente, para os casos GC, IC, JC, LC e BD, vem evidenciar a importância de proceder à avaliação dos efeitos das vibrações sobre a coluna lombar através do fator R, uma vez que este permite obter resultados mais realistas, pois tem em consideração a idade e o tempo de exposição do trabalhador.

5.6 Identificação de padrões de ruído e vibrações

No decorrer desta dissertação produziram-se gráficos que permitem a caracterização dos diferentes percursos para os 10 motoristas.

Esta caracterização teve por base a análise da variação dos níveis sonoros por tipo de piso, fontes de ruído e vibrações e por troço de viagem.

Da análise efetuada à caracterização dos troços das viagens observa-se que, apesar dos percursos de 1ª ida e 2ª ida, assim como, 1ª volta e 2ª volta serem os mesmos, estes apresentam diferenças resultantes maioritariamente do facto de, apenas se constatarem paragens do autocarro quando é manifestada a necessidade da entrada ou saída de passageiros, não se efetuando a paragem num ponto pré-definido. Tal situação faz com que cada viagem exiba características únicas.

Apesar deste facto, foi possível identificar alguns padrões ao longo das diferentes viagens, que serão seguidamente apresentados, recorrendo a dois exemplos.

Na Figura 4.6.1 está representada a variação dos níveis sonoros por tipo de piso para o motorista L do percurso C.

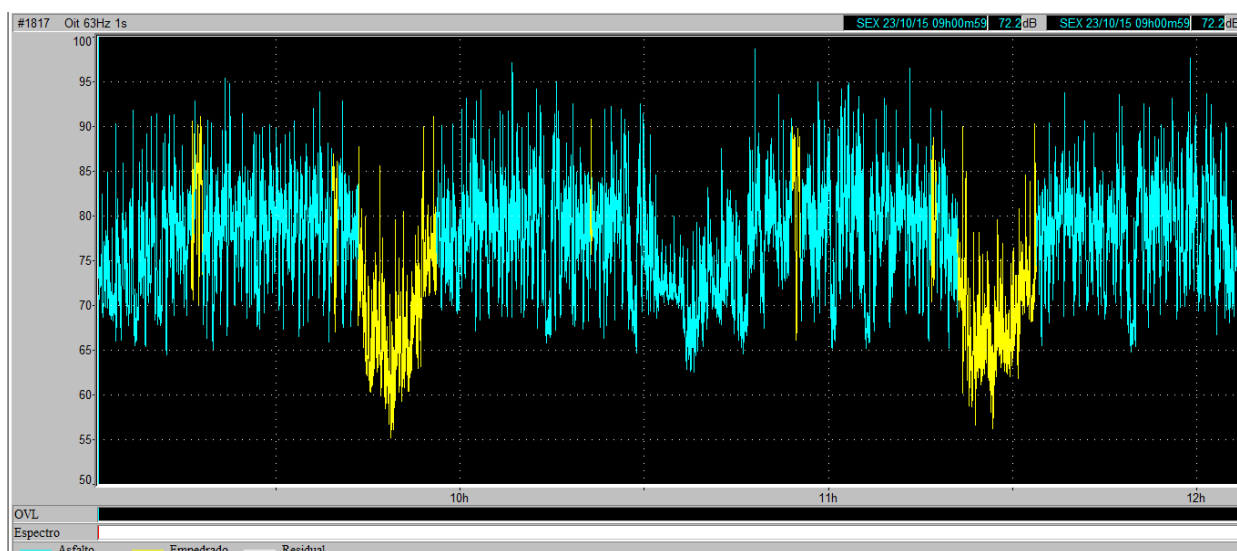


Figura 5.6.1 – Análise do espectro da monitorização LC por tipo de piso.

Como já evidenciado anteriormente, também pela Figura 4.6.1 se comprova que, o percurso C é predominado pelo piso em asfalto (azul), apenas encontrando-se pequenos troços em empedrado (amarelo).

Na Figura 4.6.2 é apresentado o perfil de ruído para o motorista L do percurso C identificando as diferentes fontes de ruído.

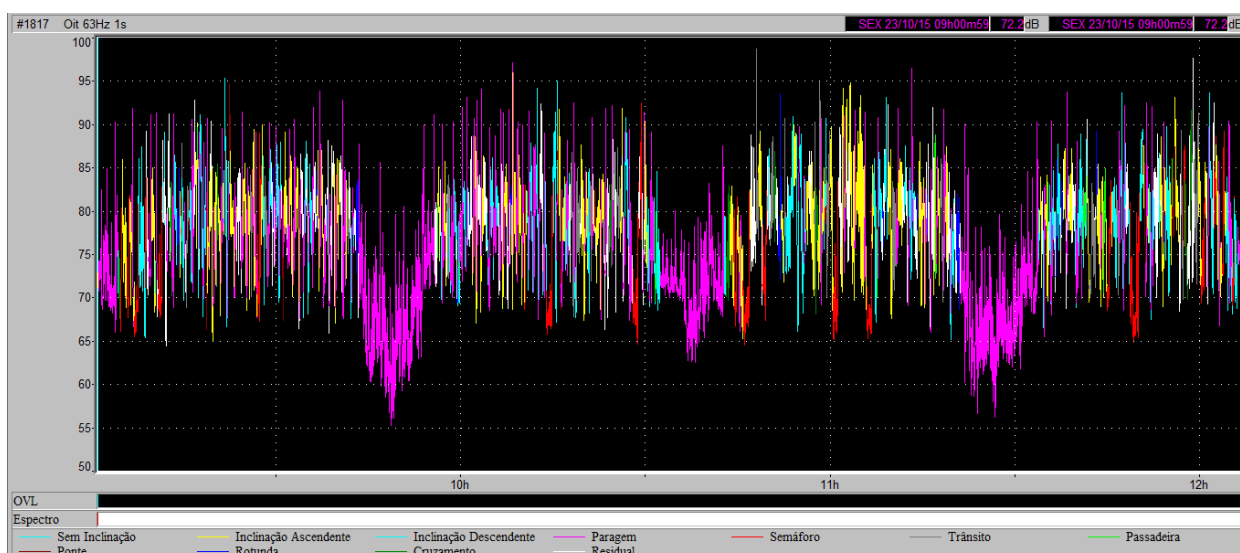


Figura 5.6.2 – Análise do espectro da monitorização LC por tipo de fonte.

A comparação entre a Figura 4.6.1 e a Figura 4.6.2 permite constatar que, durante os momentos de paragem entre idas e voltas observa-se um decréscimo significativo do ruído a que o motorista está exposto. Tal facto deve-se em grande parte à saída dos passageiros, passando a estar apenas o condutor e a pessoa que estava a monitorizar o ruído no interior do veículo.

Uma outra situação que se verifica continuamente na Figura 4.6.2 e nos gráficos construídos para os restantes motoristas é que, durante as paragens (cor-de-rosa) observam-se picos de níveis sonoros, muito provavelmente associados à movimentação (entrada e/ou saída) de passageiros.

Nas Figuras 4.6.3 a 4.6.6 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente).

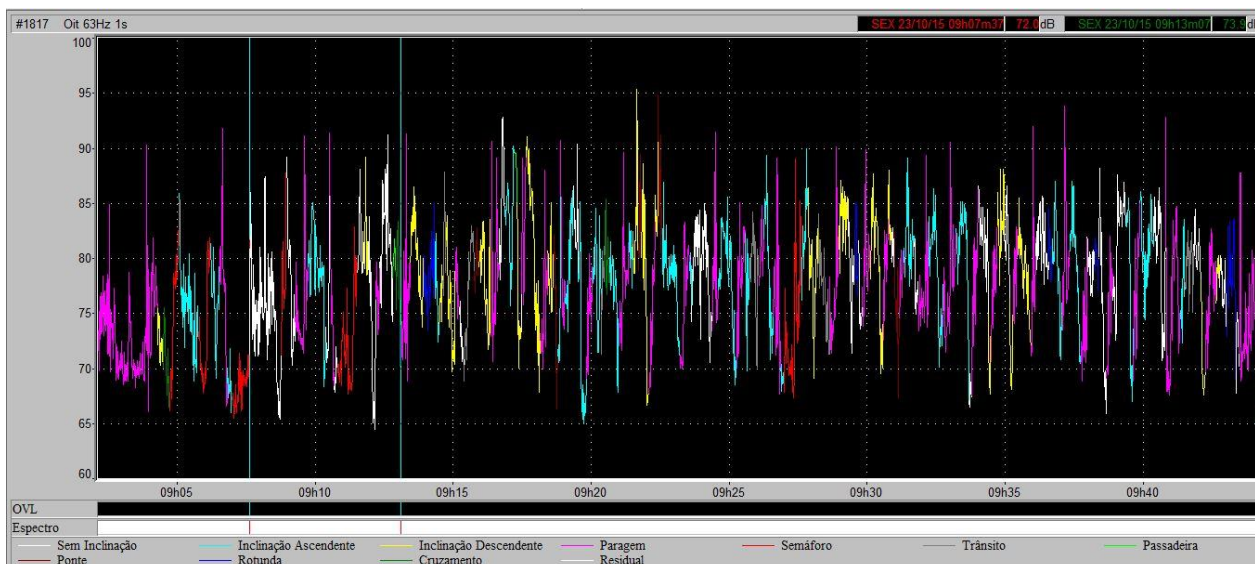


Figura 5.6.3 – Análise do espectro da monitorização LC41.

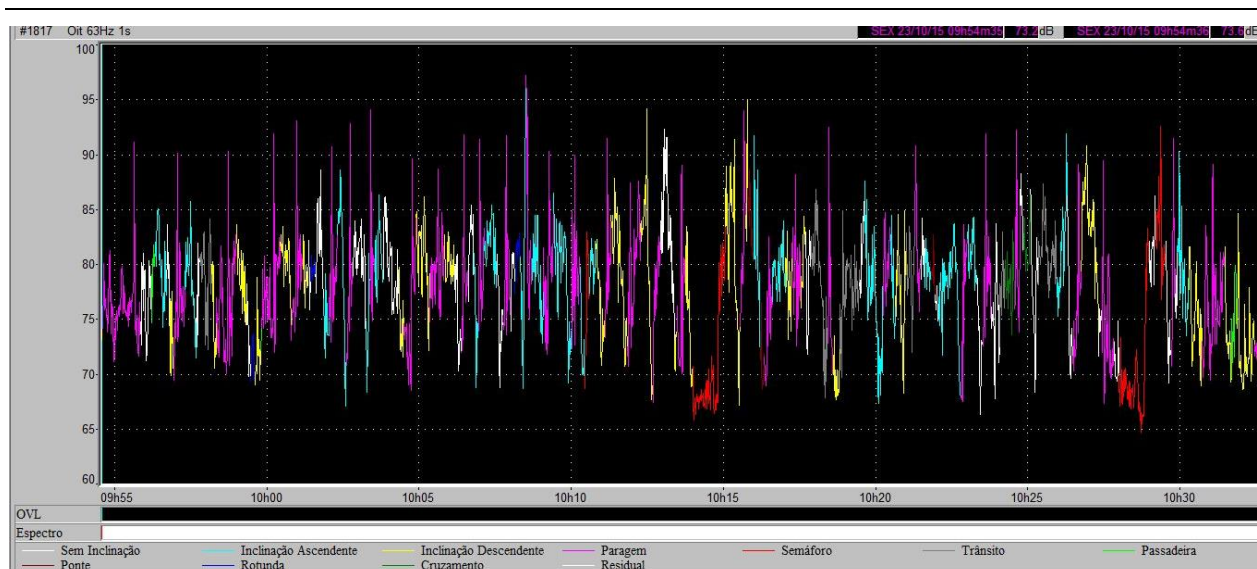


Figura 5.6.4 – Análise do espectro da monitorização LC42.

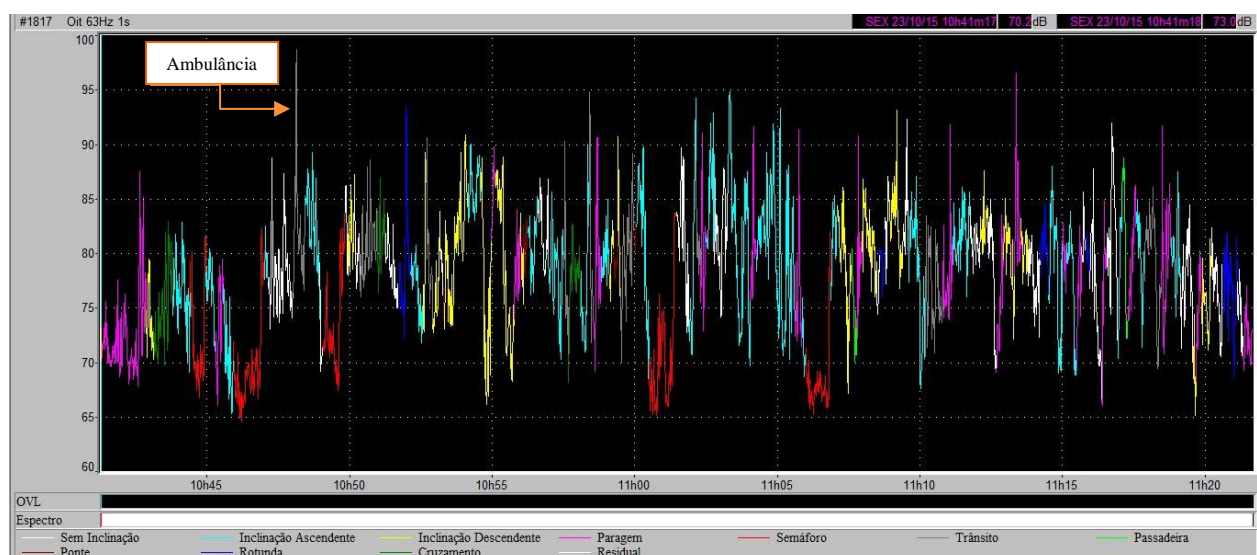


Figura 5.6.5 – Análise do espectro da monitorização LC43.

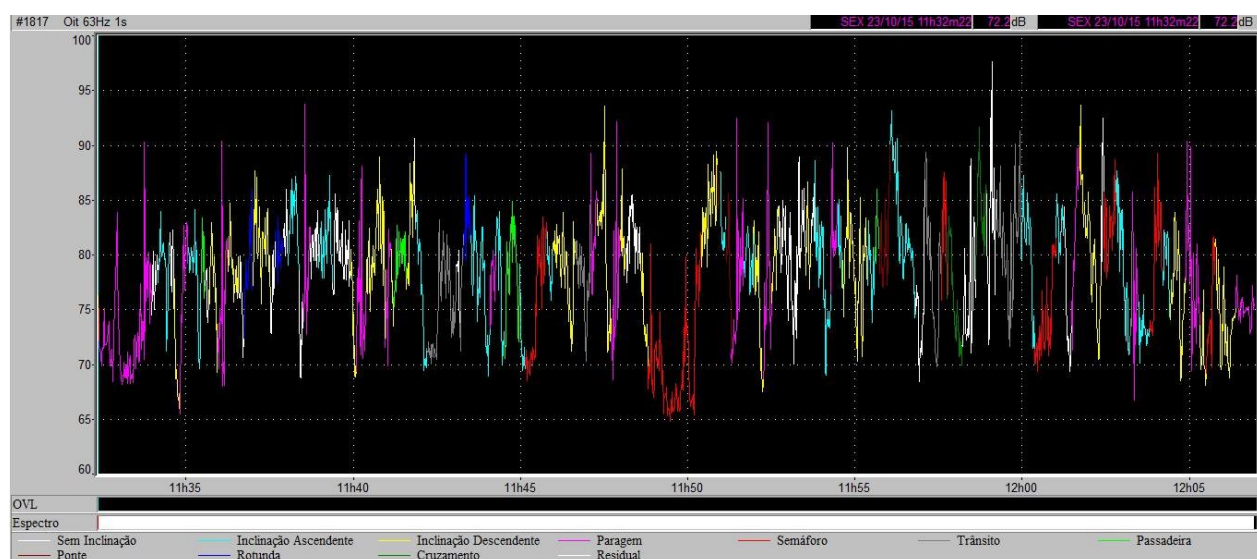


Figura 5.6.6 – Análise do espectro da monitorização LC44.

Assim como, constatado na Figura 4.6.2, também, nas Figuras de 4.6.3 a 4.6.6 se observa (e de forma bem mais visível) os picos associados às paragens solicitadas pelos passageiros.

Também se verifica que, há uma redução dos níveis sonoros associada à redução da velocidade, nomeadamente aquando da proximidade com semáforos (vermelho), seguida de um aumento dos níveis sonoros com a “arranque” após o semáforo mudar para a cor verde ou, até mesmo, perante a situação de tráfego lento na via (cinzento).

Uma outra situação de destaque é a constatação de picos associados a fenómenos pontuais, tais como, a passagem de uma ambulância em serviço de emergência (Figura 4.6.5).

No que diz respeito aos restantes fenómenos registados, como passadeiras (verde claro), rotundas (azul escuro), cruzamentos (verde escuro) ou pontes/viadutos (bordô), como a duração destes é muito diminuta é difícil retirar qualquer tipo de ilação.

Como principal objetivo desta dissertação pretende-se analisar o perfil de exposição dos motoristas de autocarros *standard* e comparar com o perfil de exposição a VCI. Neste sentido, analisou-se, também, a exposição a vibrações no assento do condutor segundo os três eixos (x, y e z).

A Figura 4.6.7 representa a medição da aceleração no assento do motorista L, para cada eixo, durante todo o percurso C.

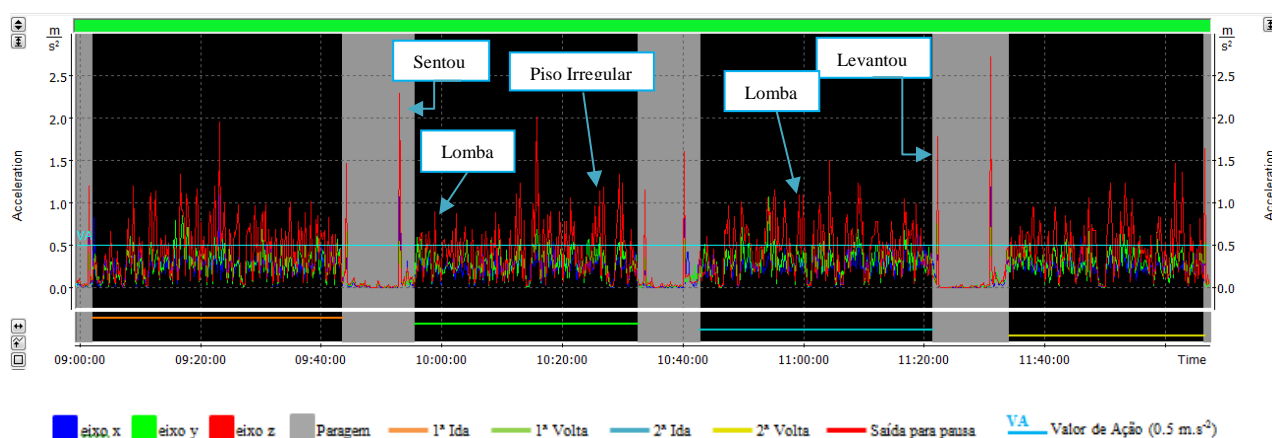


Figura 5.6.7 – Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do LC.

A partir da Figura 4.6.7 é facilmente visível que, os efeitos das vibrações são mais perceptíveis no eixo do z, uma vez que este eixo é o que apresenta valores de aceleração superiores.

Para além disso, ao comparar a Figura 4.6.7 com a Figura 4.6.1 é possível verificar a existência de picos associados ao piso empedrado, a piso irregular, bem como, resultantes da passagem por lombas, com exceção dos momentos em que o autocarro está parado (assinalados a cinzento na Figura 4.6.7).

É, ainda, de se referir que se observam picos durante as paragens para mudança de viagem. Os referidos picos de aceleração, resultam do facto do motorista ter realizado pausas durante esses períodos, tendo-se levantado no final da viagem para voltar a sentar-se aquando do início da viagem seguinte.

Também, se observa, como expetável, que durante as pausas do motorista, uma vez que o motor do autocarro se encontrava desligado e o motorista se encontrava fora do assento, as acelerações associadas aos diferentes eixos apresentam valores de 0 m.s^{-2} .

Uma análise semelhante à apresentada anteriormente foi, também, realizada para o condutor C do percurso D. Assim, na Figura 4.6.8 está representada a variação dos níveis sonoros por tipo de piso para o motorista C do percurso D.

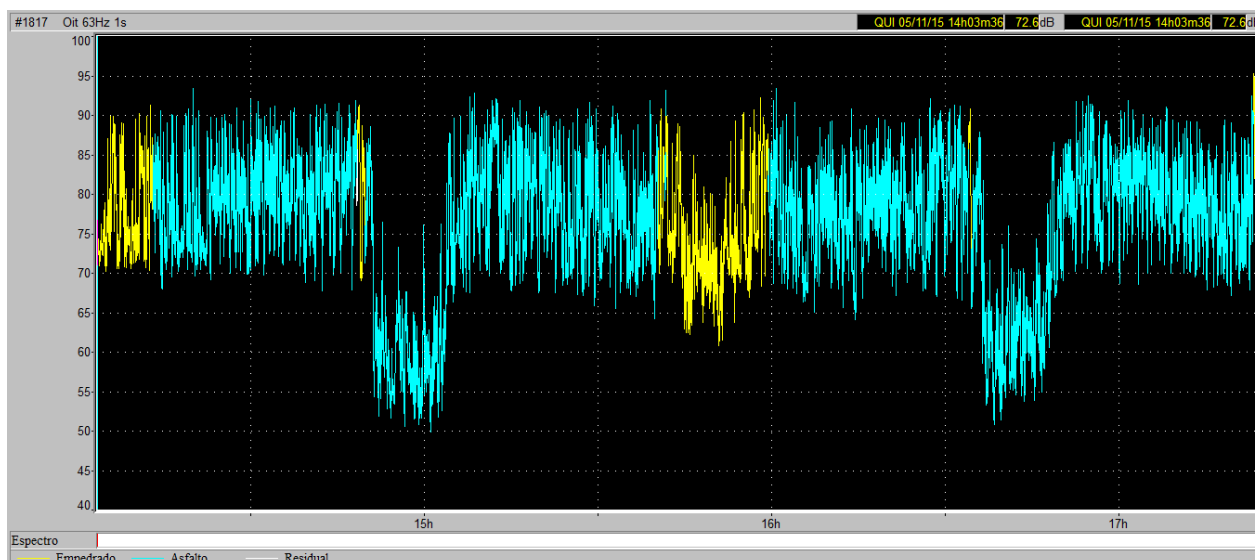


Figura 5.6.8 – Análise do espectro da monitorização CD por tipo de piso.

Assim como constatado para o motorista L do percurso C, também, neste caso (Figura 4.6.8) se observa uma predominância do piso em asfalto (azul), comparativamente ao piso em empedrado (amarelo).

Na Figura 4.6.9 é apresentado o perfil de ruído para o motorista C do percurso D, identificando as diferentes fontes de ruído.

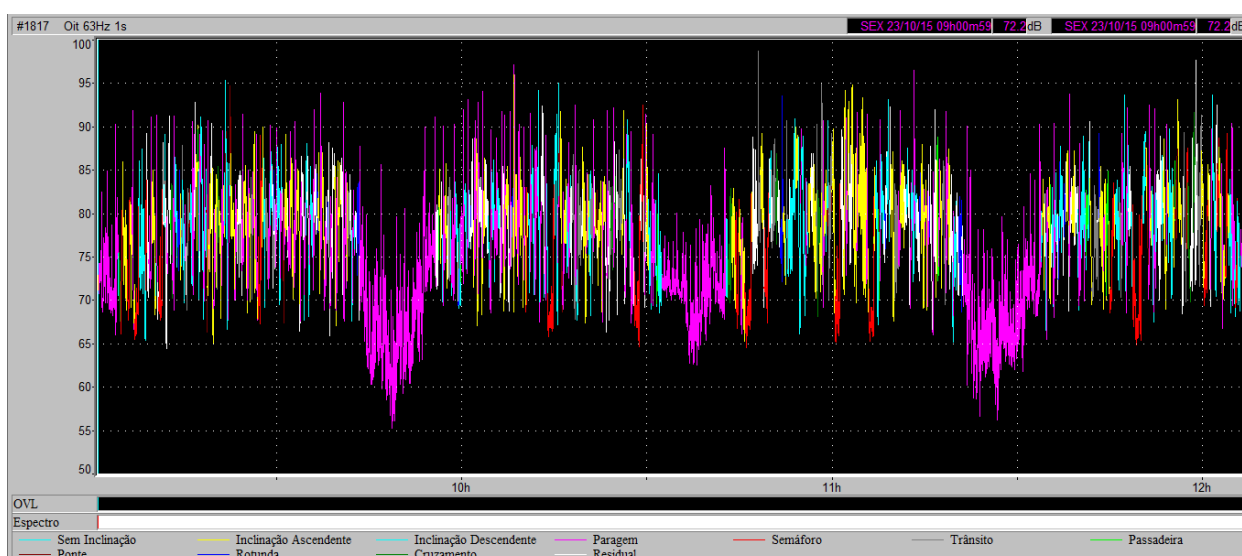


Figura 5.6.9 – Análise do espectro da monitorização CD por tipo de fonte.

Tal como já se havia verificado no exemplo anterior, também neste caso se observa um decréscimo significativo do ruído a que o motorista está exposto durante os momentos de paragens para mudança de viagem. Para além disso, nota-se, também, durante as paragens solicitadas pelos passageiros, picos de níveis sonoros, muito provavelmente associados à movimentação (entrada e/ou saída) de passageiros.

Nas Figuras 4.6.10 a 4.6.13 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente).



Figura 5.6.10 – Análise do espectro da monitorização CD41.

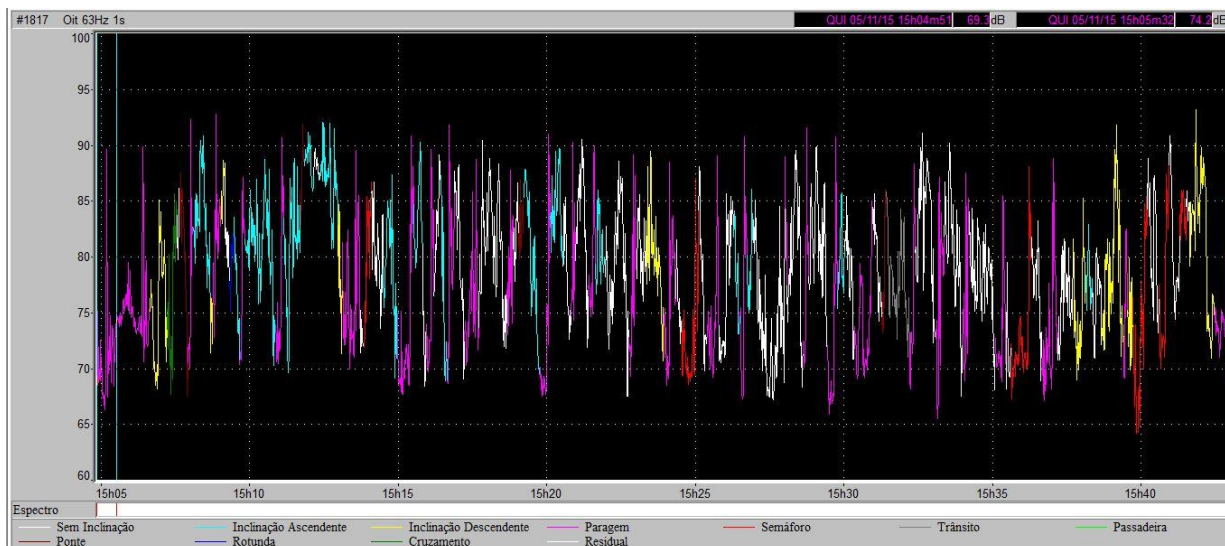


Figura 5.6.11 – Análise do espectro da monitorização CD42.

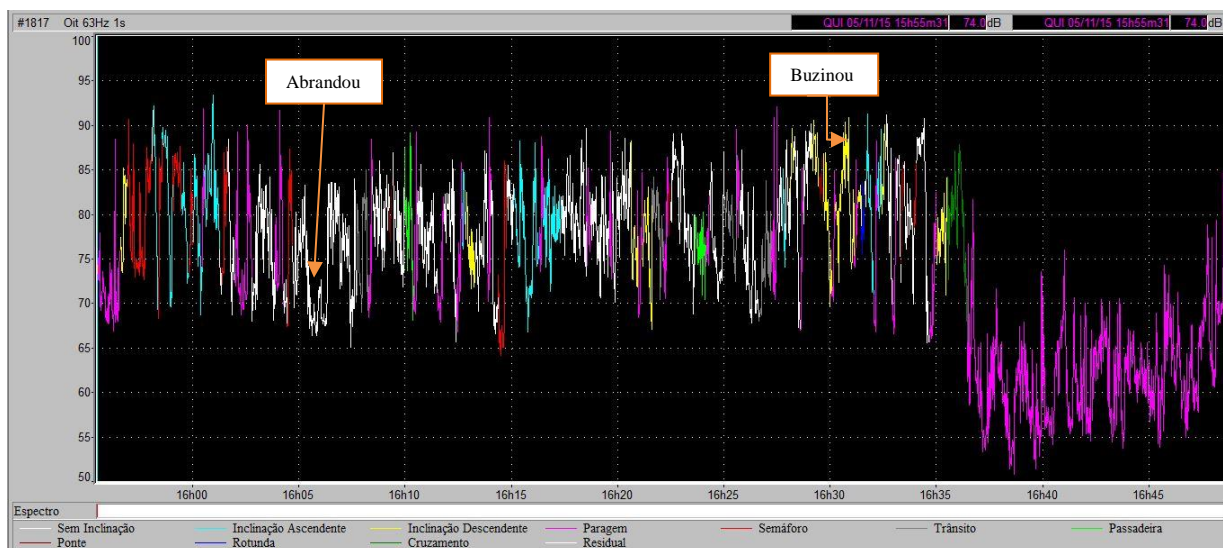


Figura 5.6.12 – Análise do espectro da monitorização CD43.

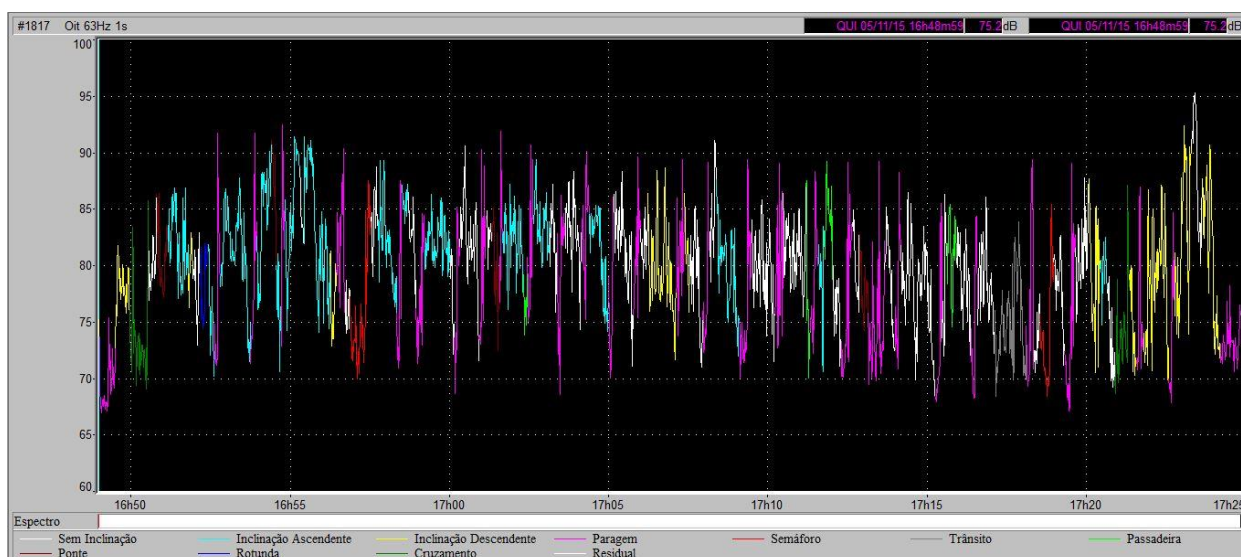


Figura 5.6.13 – Análise do espectro da monitorização CD44.

Para além dos fenómenos já identificados, que também se observaram no presente exemplo, destaca-se a observação de pico de nível sonoro quando o motorista buzinou (Figura 4.6.12), assim como se havia constatado no exemplo anterior com a passagem da ambulância.

Uma outra situação de se referir é a redução do nível sonoro constatada às 16:07:02 quando o motorista reduziu rapidamente de velocidade, praticamente imobilizando o veículo (Figura 4.6.12).

Relativamente, aos restantes fenómenos registados, novamente não é possível identificar padrões, uma vez que apresentam uma duração muito reduzida.

No âmbito da exposição a vibrações, a Figura 4.6.14 representa a medição da aceleração no assento do motorista C, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso D.

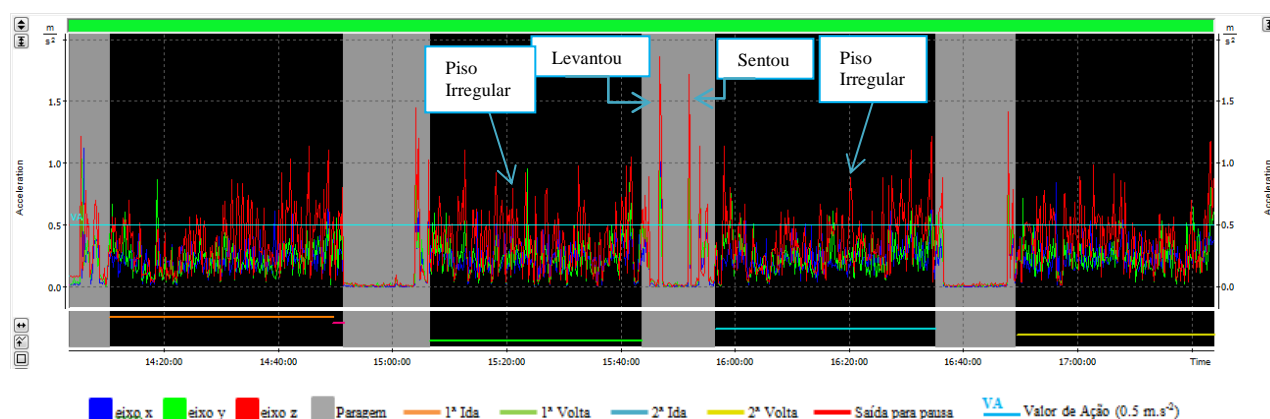


Figura 5.6.14 – Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do CD.

Segundo a Figura 4.6.14, verifica-se, assim como já havia acontecido para o motorista L do percurso C, que o motorista C do percurso D revela valores de aceleração superiores para o eixo z.

Além disso, observam-se, também, picos de aceleração durante as paragens para mudança de viagem associados ao movimento de “levantar do assento e voltar a sentar neste”, antes e após a pausa do condutor, respetivamente.

É, ainda possível observar valores de picos de aceleração associados à presença de piso irregular.

Apesar de apenas se ter analisado com pormenor na dissertação, a título de exemplo, dois motoristas, os dados recolhidos foram tratados para a totalidade dos 10 condutores. Como não seria possível, numa dissertação, analisar todos eles, selecionaram-se somente, os dois exemplos, que melhor retratavam os principais fenómenos identificados. No entanto, no Anexo V encontram-se os gráficos elaborados para os restantes motoristas.

5.7 Comparação dos resultados obtidos com outros autores

Após a apresentação dos resultados obtidos é, então, agora possível comparar estes dados com os alcançados por outros autores.

No que se refere à exposição ao ruído foi possível averiguar junto de outros estudos que, os valores são dispersos, variando muitas vezes de acordo com a marca, o tipo de autocarro, o ano de fabrico, a localização do motor e a presença ou não de passageiros durante a monitorização.

No estudo levado a cabo por *Mohammadi (2014)* a avaliação da exposição a ruído em 50 autocarros de diferentes marcas e com anos de fabrico a variar entre 2002 e 2007 revelou que metade dos autocarros analisados apresentavam valores de $L_{EX,8h}$ superiores a 85 dB(A). Por outro lado, *Zannin (2008)* e *Bruno et al. (2013)* nos seus estudos constataram valores de $L_{EX,8h}$ muito menores e mais próximos dos alcançados nesta dissertação (Tabela 4.2.1).

No caso de *Zannin (2008)* dos 60 autocarros analisados, apenas um apresentou um valor de $L_{EX,8h}$ superior a 85 dB(A). Na análise de *Bruno et al. (2013)* os resultados foram apresentados pelas médias dos $L_{EX,8h}$ obtidos, sendo que, para autocarros *standard*, este autor obteve uma média de 78.98 dB(A).

Em contrapartida, a avaliação de *Damijan (2010)*, *Damijan et al. (2011)* e *Damijan et al. (2012)* permitiu alcançar valores de $L_{EX,8h}$ significativamente inferiores aos verificados nesta dissertação e aos apresentados pelos restantes autores. Os valores médios para $L_{EX,8h}$ rondaram os 63.8 dB(A), 60.9 dB(A) e 48.9 dB(A), respetivamente. Estes autores também avaliaram o parâmetro de L_{Cpico} tendo alcançado valores muito semelhantes aos registados neste trabalho (Tabela 4.1.1). Respetivamente, para cada autor constatarem-se valores médios de L_{Cpico} de 138.7 dB(C), 119.3 dB(C) e 113.3 dB(C).

Outro parâmetro analisado em diferentes estudos é o nível sonoro contínuo equivalente (L_{Aeq}). Este foi o parâmetro avaliado por *Portela & Zannin (2010)* e por *Silva & Correia (2013)*. No primeiro caso, os resultados obtidos foram apresentados sobre a forma de média dos L_{Aeq} registados para cada tipo de autocarro, sendo que, para os autocarros tipo *standard* o valor médio de L_{Aeq} foi de 80.2 dB(A) \pm 2.3. No segundo caso, os valores de L_{Aeq} variaram entre 78 dB(A) e 84 dB(A), valores estes que são muito próximos dos observados na presente dissertação (Tabela 4.1.1).

Relativamente, á exposição a VCI é possível comparar três parâmetros, sendo estes A(8), S_{ed} e SEAT.

Quanto ao parâmetro A(8) os resultados obtidos nesta dissertação vão de encontro aos apresentados no estudo de *Barreira et al. (2015)*. Na análise de *Barreira et al. (2015)* os valores variaram entre 0.256 m.s⁻² e 0.337 m.s⁻², enquanto neste trabalho os valores de A(8) variaram entre 0.169 m.s⁻² e 0.225 m.s⁻², logo em nenhum dos casos se ultrapassou o valor de ação definido por lei.

No que se refere ao parâmetro S_{ed} , na generalidade dos autores que avaliaram este parâmetro registaram sempre valores inferiores a 0.5 MPa (*Thamsuwan et al., 2013*), (*Blood et al., 2010*) (*Blood et al., 2015*), (*Barreira et al., 2015*). Contudo, *Lewis & Johnson (2012)* constatou valores de dose equivalente de compressão na coluna a variar entre os 0.42 MPa e 0.71 MPa. O presente trabalho registou valores de S_{ed} a variar entre 0.3 MPa e 0.7 MPa.

Por fim, os resultados obtidos para o parâmetro SEAT foram os mais dispersos. Os estudos desenvolvidos por *Thamsuwan et al. (2012)* e *Barreira et al. (2015)* apresentam valores de SEAT sempre inferiores a 100% e, no último caso, até inferiores a 70%. No entanto *Lewis & Johnson (2012)* constatou valores médios para o efeito da transmissibilidade pela superfície do assento a variar entre 101.7% e 122.8%. Para o parâmetro SEAT, esta dissertação permitiu obter valores entre 74.3% e 124.4%, sendo de salientar o facto de, somente, dois motoristas apresentarem valores superiores a 100%.

Importa, ainda referir que não foi possível analisar os resultados obtidos nos estudos de *Nadri et al. (2012)*, *Okunribido et al. (2007)* e *Bovenzi (2009)*, pois estes não são comparáveis, nem com os resultados alcançados na presente dissertação, nem com os obtidos pelos restantes autores.

6 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1 Conclusões

A análise dos fenómenos monitorizados durante os percursos em estudo permitiu concluir que, os níveis sonoros a que os motoristas estão expostos são menores em situações em que estes circulam com baixas velocidades ou estejam parados, nomeadamente em semáforos ou trânsito lento na via.

Para além disso, constatou-se também, que a circulação em vias sem inclinação é preferencial a vias com declive descendente ou ascendente, visto que os níveis sonoros contínuos equivalentes (L_{Aeq}) a que estão expostos os motoristas são ligeiramente inferiores.

No que se refere aos restantes fenómenos identificados (rotundas, cruzamentos, pontes/viadutos e passadeiras) conclui-se que, a reduzida duração destes não permite retirar ilações precisas.

Também, a análise do tipo de pavimento (asfalto ou empedrado) revelou ser inconclusiva, uma vez que a extensão do troço em empedrado é muito menor e, por vezes, insignificativa quando comparada com a extensão do troço em asfalto. Desta forma, verificou-se que, os valores de L_{Aeq} são muito próximos entre si, quer em asfalto, quer em empedrado.

Destaca-se, contudo, que fenómenos pontuais como passagem de ambulâncias em serviço de emergência, o buzinar ou até mesmo a paragem solicitada pelos passageiros (associada à entrada e/ou saída de passageiros) revelou provocar picos de níveis sonoros.

Apesar, do tipo de pavimento não ter revelado grandes variações no que se refere à exposição a ruído, quando se avaliaram os dados de vibrações de corpo inteiro foi possível verificar que, perante pisos em empedrado, ou pisos irregulares ou perante a passagem sobre uma lomba se observavam picos de aceleração, sobretudo predominantes no eixo do z.

Os parâmetros analisados para avaliação da exposição ao ruído foram $L_{EX,8h}$ e L_{Cpico} . Os resultados alcançados para estes dois parâmetros permitem concluir que, não existe necessidade de adotar medidas preventivas, uma vez que, os valores constatados de $L_{EX,8h}$ não foram superiores a 80 dB(A), nem os valores de pico (L_{Cpico}) superiores a 135 dB(C), que correspondem aos valores inferiores de ação definidos por lei, no *Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro*.

Relativamente, à exposição a VCI, os parâmetros avaliados foram A(8), SEAT, S_{ed} e R.

No que se refere ao parâmetro de exposição diária a vibrações, A(8), verificou-se que este nunca excedeu o valor de ação de exposição estabelecidos no *Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de fevereiro* (0.5 m.s^{-2}), não sendo, portando necessário a adoção de medidas preventivas.

Quanto ao parâmetro que avalia a transmissibilidade das vibrações através do assento (SEAT) é possível inferir que, a maioria dos valores obtidos revelam ser inferiores a 100%, com exceção dos casos DD e ED, em que a vibração transmitida pelo assento é superior à do piso, resultando num SEAT superior a 100%. Logo, nestes dois casos verifica-se que o assento do

condutor não está a desempenhar corretamente a sua função e, portanto, não está a atenuar a transmissibilidade das vibrações, pelo que se sugere a sua substituição.

Por fim, o parâmetro R, que avalia a probabilidade de efeitos adversos sobre a saúde dos trabalhadores, tendo em consideração o tempo de exposição, bem como, a sua idade, permite concluir que, praticamente a totalidade dos motoristas revelam um R inferior a 0.8, – indicador de baixa probabilidade de efeitos adversos na saúde – com exceção, somente, do condutor F do percurso D, que apresenta um R igual a 0.8, ou seja, indicador de moderada probabilidade de serem sentidos efeitos adversos na saúde devido à exposição a vibrações. Tal resultado, pode ser justificado pelo facto, deste motorista ser o que apresenta mais anos de exposição (25 anos), bem como, uma idade superior à maioria dos restantes condutores (44 anos).

No que se refere a limitações/dificuldades sentidas no decorrer desta dissertação é de se referir a ausência de dados complementares na folha de campo, tais como, verificação da existência de ar condicionado ligado/desligado, janela do condutor aberta/fechada, lotação do autocarro e registo contínuo da velocidade a que se desloca o veículo.

Para além disso, a falta de estudos que abordem os efeitos combinados do ruído e das VCI em motoristas de autocarros, bem como, o reduzido número de estudos que avaliem ruído ou VCI, levados a cabo em países da União Europeia, de forma a ser possível a comparação de resultados, também constituiu uma limitação. De facto, durante a comparação dos resultados obtidos com os alcançados por outros autores constatou-se que, muitos dos resultados não poderiam ser comparados, uma vez que, as normas utilizadas não foram as mesmas e, por vezes, os parâmetros avaliados também não eram comparáveis.

No entanto, dos estudos recolhidos durante a pesquisa bibliográfica utilizados como base de comparação com os resultados obtidos nesta dissertação é possível concluir que, a nível europeu, mais especificamente em Portugal, os motoristas de autocarros da empresa em questão, não revelam situações de risco de exposição a ruído ou vibrações de corpo inteiro, uma vez que, na totalidade dos casos os valores legais estabelecidos são cumpridos.

6.2 Perspetivas Futuras

Após a realização da presente dissertação, a autora considera relevante identificar algumas propostas para futuros trabalhos, nomeadamente:

- A relevância em analisar uma amostra maior, que contemple um número superior de motoristas do género feminino e avaliar a influência das características dos condutores como o peso, a altura e a idade;
- A necessidade de avaliar de forma mais aprofundada e precisa o efeito da lotação (número de passageiros a bordo do autocarro) sobre a exposição ao ruído ocupacional. Este fator revelou ter elevada importância no âmbito dos níveis sonoros constatados durante os percursos estudados, contudo os reduzidos dados sobre este não permitiram uma análise mais aprofundada;
- A necessidade de avaliar o efeito da velocidade sobre a exposição ao ruído e, até mesmo VCI. Durante esta dissertação foi possível constatar que, a velocidade a que se desloca o

autocarro tem influência na exposição ao ruído e pode afetar a exposição a vibrações, no entanto, não foram recolhidos dados relativos a este fator;

- A pertinência em estudar o efeito de diferentes tipos de pisos (asfalto, empedrado, pisos mistos, etc.) na exposição a ruído e a vibrações de corpo inteiro, visto que este fator é preponderante e poderá ser utilizado como uma ferramenta no âmbito da gestão de pavimentos urbanos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

- ACT (2016a). Segurança e Saúde no Trabalho da Condução Automóvel Profissional: Riscos profissionais e medidas preventivas. Lisboa: ACT. ISBN: 978-989-8076-56-4. Pag. 3-4.
- ACT (2016b). Acedido a 30 de novembro de 2016, através: [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Paginas/default.aspx)
- Afonso, Elisabete. 2012. 4Work. 4Work. [Online] 20 de fevereiro de 2012. [Citação: 11 de janeiro de 2017.]
http://www.4work.pt/cms/index.php?id=98&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=133&tx_ttnews%5BbackPid%5D=100&cHash=6b648f5780.
- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (2010). Promoção da saúde no setor dos transportes rodoviários. Facts 47.
- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (2011). Managing risks to drivers in road transport. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISBN: 978-92-9191-407-4
- Agência Europeia para a Segurança e a Saúde no Trabalho (2005). O impacto do ruído no trabalho. Facts 57.
- Alperovitch-Najenson, D., Santo, Y., Masharawi, Y., Katz-Leurer, M., Ushvaev, D., Kalichman, L., 2010. Low back pain among professional bus drivers: ergonomic and occupational psychosocial risk factors. *Israeli Medical Association Journal* 12, 26e31
- Anderson, R., 1992. The back pain of bus drivers. Prevalence in an urban area of California. *Spine*, 17(12), pp.1481–8. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1471006> [Accessed January 12, 2017].
- Barreira, S., Matos, M.L. & Santos Baptista, J., 2015. Exposure of urban bus drivers to whole-body vibration. , pp.321–324.
- Blood, R.P. et al., 2015. Whole-body Vibration Exposure Intervention among Professional Bus and Truck Drivers: A Laboratory Evaluation of Seat-suspension Designs. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 12(6), pp.351–362. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25625530>.
- Blood, R.P. et al., 2010. Whole body vibration exposures in metropolitan bus drivers: A comparison of three seats. *Journal of Sound and Vibration*, 329(1), pp.109–120.
- Bovenzi, M., 2009. Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: A prospective cohort study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82(7), pp.893–917.
- Bovenzi, M., Betta, A., 1994. Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress. *Appl. Ergon.* 25 (4), 231–241.
- Bruno, P. et al., 2013. Annoyance evaluation and the effect of noise on the health of bus drivers . *Noise and Health*, 15(66), pp.301–306. Available at: <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741>.
- Chengalur, S., Rodgers, S. & Bernard, T., 2004. Kodak's Ergonomic Design for People at Work. , p.736. Available at:

https://books.google.pt/books?id=FSgcaAIoHu8C&pg=PA619&lpg=PA619&dq=vibration+anatomic+basentric&source=bl&ots=pETw9NEkrH&sig=WD1JtVPA_i7mwfSVCv7bQbzwFM&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwjCxs2D4rzRAhXM5oMKHSzWB4EQ6AEIjAB#v=onepage&q=vibration anatomic basi [Accessed January 12, 2017].

- Damijan, Z., 2010. Investigation of the vibroacoustic climate inside the buses MAN SG242 used in public transport systems. *Acta Physica Polonica A*, 118(1).
- Damijan, Z., Skrzyniarz, S. & Kwasniewski, J., 2012. Investigation of the vibroacoustic climate inside the buses solaris urbino 12 used in public transport systems. *Acta Physica Polonica A*.
- Damijan, Z., Skrzyniarz, S. & Kwasniewski, J., 2011. Investigation of the vibroacoustic climate inside the buses solaris urbino 18 used in public transport systems-driver's cab. *Acta Physica Polonica A*.
- Decreto-Lei n.º 46/2006 de 24 de fevereiro. Diário da República n.º 40/2006, Série I-A de 2006-02-24. Lisboa: Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social.
- Decreto-Lei n.º 182/2006, de 6 de setembro. Diário da República n.º 172/2006, Série I de 2006-09-06. Lisboa: Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social.
- Dobie, R.A., 2008. The burdens of age-related and occupational noise-induced hearing loss in the United States. *Ear and Hearing*, 29(4), pp.565–577.
- Dobie, R. a, 1995. Prevention of noise-induced hearing loss. *Archives of otolaryngology--head & neck surgery*, 121(4), pp.385–391.
- Donati, P. et al., 2008. *Workplace exposure to vibration in Europe: an expert review*,
- Eurostat, 2010. *Health and safety at work in Europe (1999–2007)*, Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5718905/KS-31-09-290-EN.PDF/88eef9f7-c229-40de-b1cd-43126bc4a946>.
- Freitas, L.C. & Cordeiro, T.C., 2013. *Segurança e saúde do trabalho: Guia para micro,pequenas e médias empresas*,
- Genuit, K., 2009. Vehicle interior noise - Combination of sound, vibration and interactivity. *Sound and Vibration*, 43(12).
- Griffin, M.J., 1990. *Handbook of Human Vibration. Academic Press Inc.*
- Health and Safety Executive, H., 2005. Controlling noise at work: The Control of Noise at Work Regulations 2005. *Regulation*.
- Hse & Books, H.S.E., 2005. Noise at work. *Industry Guidance Leaflet*.
- Huang, Y. & Griffin, M.J., 2014a. The discomfort produced by noise and whole-body vertical vibration presented separately and in combination. *Ergonomics*, 57(11).
- Huang, Y. & Griffin, M.J., 2014b. The relative discomfort of noise and vibration: effects of stimulus duration. *Ergonomics*, 57(8).
- ISO 9612 (2011). NP ISO 9612:2011 (Acoustics: Determination of occupational noise exposure – Engineering method).
- ISO 2631-1. (1997). ISO 2631-1: 1997 (Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple Johanning).

-
- ISO 2631-5. (2004). NP ISO 2631-1:2007 (Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements), *International Organization of Standardization*.
- Lewis, C.A. & Johnson, P.W., 2012. Whole-body vibration exposure in metropolitan bus drivers. *Occupational Medicine*.
- Ljungberg, J.K., 2008. Combined exposures of noise and whole-body vibration and the effects on psychological responses, a review. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 27(4).
- Ljungberg, J.K. & Neely, G., 2007. Stress, subjective experience and cognitive performance during exposure to noise and vibration. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), pp.44–54.
- Machado, W.D., 2003. Identificação de fontes de ruído externo de um veículo utilizado a técnica de intensidade sonora. , p.135.
- Magnusson, M.L., Pope, M.H., Wilder, D.G., Areskoug, B., 1996. Are occupational drivers at an increased risk for developing musculoskeletal disorders? *Spine* 21 (6), 710–717.
- Mateus, D., 2008. Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído. , p.84. Available at: <https://paginas.fe.up.pt/~earpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf>.
- Mohammadi, G., 2014. Noise exposure inside of the Kerman urban buses : measurements , drivers and passengers attitudes. *Iranian Journal of Health, Safety & Environment*, Vol.2, No.1, pp.224–228 Noise, 2(1), pp.224–228.
- Mondal, N.K., Dey, M. & Datta, J.K., 2014. Vulnerability of bus and truck drivers affected from vehicle engine noise. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(2), pp.199–206.
- Nadri, F. et al., 2012. An Investigation on Occupational Noise Exposure in Kerman Metropolitan Bus Drivers.
- Nassiri, P. et al., 2014. Passenger noise and whole-body vibration exposure-A comparative field study of commercial buses. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 33(2).
- Nawayseh, N. & Griffin, M.J., 2010. Power absorbed during whole-body vertical vibration: Effects of sitting posture, backrest, and footrest. *Journal of Sound and Vibration*, 329(14), pp.2928–2938. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022460X10000684> [Accessed January 12, 2017].
- Nelson, D.I. et al., 2005. The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *Am J Ind Med*, 48(6), pp.446–458. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16299704>.
- Okunribido, O.O. et al., 2007. City bus driving and low back pain: A study of the exposures to posture demands, manual materials handling and whole-body vibration. *Applied Ergonomics*, 38(1), pp.29–38.
- Paulsen, R. & Kastka, J., 1995. Effects of combined noise and vibration on annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, 181(2), pp.295–314.
- Podniece, Z. & Taylor, T.N., 2008. *Work-related musculoskeletal disorders: prevention report*,
- Portela, B.S. & Zannin, P.H.T., 2010. Analysis of factors that influence noise levels inside urban buses. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 69(9).
- Radhakrishna, D.V., Kallurkar Shrikant, P. & Mattani, A.G., 2012. Noise & vibrations mechanics: Review and diagnostics. *International Journal of Applied Engineering*
-

- Sanju, H. & Kumar, P., 2016. Self-assessment of noise-induced hearing impairment in traffic police and bus drivers: Questionnaire-based study. *Indian Journal of Otology*, 22(3).
- Seo, K. S., & Kim, K. S. (2013). Analysis of friction noise and vibration from the cushion frame of a driver's seat in passenger cars. *International Journal of Control and Automation*. <https://doi.org/10.14257/ijca.2013.6.6.07>
- Silva, L.F. & Correia, F.N., 2013. Evaluating noise exposure levels inside the buses for urban transport in the city of Itajuba-MG, Brazil. *Revista CEFAC*, 15(1), pp.196–206. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-18462012000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt [Accessed December 23, 2016].
- Thamsuwan, O. et al., 2012. Whole Body Vibration Exposure and Seat Effective Amplitude Transmissibility of Air Suspension Seat in Different Bus Designs. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), pp.1218–1222. Available at: <http://pro.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/1071181312561265>.
- Thamsuwan, O. et al., 2013. Whole body vibration exposures in bus drivers: A comparison between a high-floor coach and a low-floor city bus. *International Journal of Industrial Ergonomics*.
- Timmins, P. & Granger, O., 2010. Occupational noise-induced hearing loss in Australia. , p.207.
- Universitas, C., 2010. Saúde , Segurança e Higiene no Trabalho. *Instituto de Mobilidade e Transportes Terrestres, I.P.*, p.54.
- Zannin, P.H.T., 2008. Occupational noise in urban buses. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(2).
- Tiemessen, I.J.H., Hulshof, C.T.J., Frings-Dresen, M.H.W., 2008. Low back pain in drivers exposed to whole body vibration: analysis of a doseeresponse pattern. *Occupational and Environmental Medicine* 65, 667e 675.
- Wilder, D., Magnusson, M.L., Fenwick, J., Pope, M., 1994. The effect of posture and seat suspension design on discomfort and back muscle fatigue during simulated truck driving. *Applied Ergonomics* 25 (2), 66 e 76.

8 ANEXOS

Anexo I – Exemplar de folha de campo para o percurso C

As folhas de campo foram elaboradas pela Dr.^a Maria Luísa Matos, o Eng.º Paulo Costa e a Eng.^a Luciana Pedrosa.

FEUP - Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais (PROA)

FICHA DE RECOLHA DE DADOS:

PROJETO: Monitorização de ruído e vibrações em motoristas de autocarros urbanos

NOME:

REFERÊNCIA INTERNA:

MATRÍCULA DO AUTOCARRO:

DIA DA SEMANA:

DATA:

LOCAL:

LINHA:

Empresa	
Equipamento de medição de ruído	Sonómetro 01 dB Solo
Equipamento de medição de vibrações	SV6 da Svantek

Recolha de dados do condutor

Caraterísticas do condutor			
Identificação			
Género			
Idade (anos)			
Peso (kg) inicial / final da jornada de trabalho			
Altura (cm)			
Escolaridade			
Categoria Profissional			
Tempo de serviço na empresa (anos)			
Tempo de serviço no posto de trabalho em estudo (anos)			
Profissão anterior			
Tipos de veículos já conduzidos			
Queixas de saúde que apresenta			
Patologias clínicas antes de exercer esta profissão	Ruído: ()	Vibrações: ()	
Patologias clínicas decorrentes da atividade que exerce	Ruído: ()	Vibrações: ()	
Problemas oftalmológicos			
Uso de óculos / lentes / graus			
Uso de medicação	Não: ()	Sim: ()	Qual:
Evidência de sintomas relacionados com a motricidade fina			
Evidência de sintomas de lesões musculoesqueléticas			
Atividade física (< 1 vez por semana, 2-3 vezes por semana, > ou igual a 3 vezes por semana, todos os dias...)			
Tempo de exposição a vibrações/ruído (anos)			
Perceção ao desconforto causado pela vibração/ruído	Forte: ()	Média: ()	Fraca: ()
Formação em HST	Não: ()	Sim: ()	Periodicidade:

Recolha de dados das condições de trabalho

Caraterísticas da jornada diária laboral (ocupacionais)			
Horário de trabalho (h/dia)			
Período de descanso (h)			
Postura do trabalhador			
Ajuste do assento antes de iniciar a viagem	Não: ()	Sim: ()	Posição:
Fatores psicológicos (apoio ao trabalhador, satisfação do trabalhador...)			
Alimentação durante o percurso: Tipo e peso			

Caraterísticas do veículo			
Tipo (gás natural ou diesel) / ar condicionado			
Marca			
Modelo			
Número			
Peso (kg)			
Comprimento (m)			
Ano de fabrico			
Ano de entrada ao serviço da empresa			
Estado geral do veículo			
Tipo de assento	Esteban FA 416: ()	ISRI: ()	Min-Bus: ()
Condições do assento (suspensão, mecanismos de controlo, apoio lombar,...)			
Capacidade	Sentado: ()		De pé: ()

Caraterísticas do percurso (Ida 01)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
BOLHÃO - MERCADO	
LARGO DO PADRÃO	
CAMPO 24 DE AGOSTO	
BONFIM	
GODIM	
PR. DAS FLORES	
AV. 25 DE ABRIL	
FONTE VELHA	
ESTADIO DO DRAGAO	
CORUJEIRA	
FERR. DOS SANTOS	
FALCÃO	
CARTES	
ESCOLAS	
S. ROQUE	
TV. DA PONTE	
S. CAETANO	
SOUTELO BAIXO	
OUTEIRINHO	
INFANTE SANTO	
ALTO DE SOUTELO	
DR. AMÉRICO COSTA	
CARVALHA	
CARVALHA DE BAIXO	
VARZEA	
S.TA OVAIA	
S.TA CRUZ	
S.TA EULALIA	
CAPITAO MOURA	
VILAR	
TARALHAO	
VINHAL	
IGREJA CAPUCHINHOS	
25 DE ABRIL	
COMBATENTES G.GUERRA	
GONDOMAR (CÂMARA)	
B. V. GONDOMAR	
MONTE CRASTO	
GONDOMAR (SOUTO)	

Caraterísticas do percurso (Volta 01)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
GONDOMAR (SOUTO)	
MONTE CRASTO	
B. V. GONDOMAR	
25 DE ABRIL	
IGREJA CAPUCHINHOS	
VINHAL	
TARALHAO	
VILAR	
CAPITAO MOURA	
S.TA EULALIA	
S.TA CRUZ	
S.TA OVAIA	
VARZEA	
CARVALHA DE BAIXO	
CARVALHA	
DR. AMÉRICO COSTA	
ALTO DE SOUTELO	
INFANTE SANTO	
OUTEIRINHO	
SOUTELO BAIXO	
S. CAETANO	
MEIRAL	
S. ROQUE	
S. ROQUE G. BARROS	
ILHEU	
CARTES	
CHAVES OLIVEIRA	
CORUJEIRA	
ESTÁDIO DO DRAGÃO	
FONTE VELHA	
C. SAÚDE CAMPANHA	
PR. DAS FLORES	
EIRINHAS	
BONFIM	
CAMPO 24 DE AGOSTO	
D. JOÃO IV	
BOLHAO (METRO)	
BOLHAO - MERCADO	

Caraterísticas do percurso (Ida 02)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
BOLHÃO - MERCADO	
LARGO DO PADRAO	
CAMPO 24 DE AGOSTO	
BONFIM	
GODIM	
PR. DAS FLORES	
AV. 25 DE ABRIL	
FONTE VELHA	
ESTADIO DO DRAGAO	
CORUJEIRA	
FERR. DOS SANTOS	
FALCÃO	
CARTES	
ESCOLAS	
S. ROQUE	
TV. DA PONTE	
S. CAETANO	
SOUTELO BAIXO	
OUTEIRINHO	
INFANTE SANTO	
ALTO DE SOUTELO	
DR. AMÉRICO COSTA	
CARVALHA	
CARVALHA DE BAIXO	
VARZEA	
S.TA OVAIA	
S.TA CRUZ	
S.TA EULALIA	
CAPITÃO MOURA	
VILAR	
TARALHAO	
VINHAL	
IGREJA CAPUCHINHOS	
25 DE ABRIL	
COMBATENTES G.GUERRA	
GONDOMAR (CAMARA)	
B. V. GONDOMAR	
MONTE CRASTO	
GONDOMAR (SOUTO)	

Caraterísticas do percurso (Volta 02)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
GONDOMAR (SOUTO)	
MONTE CRASTO	
B. V. GONDOMAR	
25 DE ABRIL	
IGREJA CAPUCHINHOS	
VINHAL	
TARALHAO	
VILAR	
CAPITAO MOURA	
S.TA EULALIA	
S.TA CRUZ	
S.TA OVAIA	
VARZEA	
CARVALHA DE BAIXO	
CARVALHA	
DR. AMÉRICO COSTA	
ALTO DE SOUTELO	
INFANTE SANTO	
OUTEIRINHO	
SOUTELO BAIXO	
S. CAETANO	
MEIRAL	
S. ROQUE	
S. ROQUE G. BARROS	
ILHEU	
CARTES	
CHAVES OLIVEIRA	
CORUJEIRA	
ESTÁDIO DO DRAGAO	
FONTE VELHA	
C. SAÚDE CAMPANHA	
PR. DAS FLORES	
EIRINHAS	
BONFIM	
CAMPO 24 DE AGOSTO	
D. JOAO IV	
BOLHAO (METRO)	
BOLHAO - MERCADO	

Recolha de dados: vibração e ruído

Condições da recolha de dados		
Localização dos sensores do equipamento de vibração		Superfície do assento e piso do veículo junto ao motorista
Calibração inicial do sonómetro	Hora	
	Correção	
Hora de início da medição		
Hora de fim da medição		
Tempo total de medição		
Tempo total de medição vibração		
Tempo total de medição ruído		
Nº de registo medição vibração		
Nº de registo medição ruído		

Observações:

Anexo II – Exemplar de folha de campo para o percurso D

As folhas de campo foram elaboradas pela Dra. Maria Luísa Matos, o Eng.º Paulo Costa e a Eng.ª Luciana Pedrosa.

FEUP - Laboratório de Prevenção de Riscos Ocupacionais (PROA)

FICHA DE RECOLHA DE DADOS:

PROJETO: Monitorização de ruído e vibrações em motoristas de autocarros urbanos

NOME:

REFERÊNCIA INTERNA:

MATRÍCULA DO AUTOCARRO:

DIA DA SEMANA:

DATA:

LOCAL:

LINHA:

Empresa	
Equipamento de medição de ruído	Sonómetro 01 dB Solo
Equipamento de medição de vibrações	SV6 da Svantek

Recolha de dados do condutor

Caraterísticas do condutor			
Identificação			
Género			
Idade (anos)			
Peso (kg) inicial / final da jornada de trabalho			
Altura (cm)			
Escolaridade			
Categoria Profissional			
Tempo de serviço na empresa (anos)			
Tempo de serviço no posto de trabalho em estudo (anos)			
Profissão anterior			
Tipos de veículos já conduzidos			
Queixas de saúde que apresenta			
Patologias clínicas antes de exercer esta profissão	Ruído: ()	Vibrações: ()	
Patologias clínicas decorrentes da atividade que exerce	Ruído: ()	Vibrações: ()	
Problemas oftalmológicos			
Uso de óculos / lentes / graus			
Uso de medicação	Não: ()	Sim: ()	Qual:
Evidência de sintomas relacionados com a motricidade fina			
Evidência de sintomas de lesões musculoesqueléticas			
Atividade física (< 1 vez por semana, 2-3 vezes por semana, > ou igual a 3 vezes por semana, todos os dias...)			
Tempo de exposição a vibrações/ruído (anos)			
Perceção ao desconforto causado pela vibração/ruído	Forte: ()	Média: ()	Fraca: ()
Formação em HST	Não: ()	Sim: ()	Periodicidade:

Recolha de dados das condições de trabalho

Caraterísticas da jornada diária laboral (ocupacionais)			
Horário de trabalho (h/dia)			
Período de descanso (h)			
Postura do trabalhador			
Ajuste do assento antes de iniciar a viagem	Não: ()	Sim: ()	Posição:
Fatores psicológicos (apoio ao trabalhador, satisfação do trabalhador...)			
Alimentação durante o percurso: Tipo e peso			

Caraterísticas do veículo			
Tipo (gás natural ou diesel) / ar condicionado			
Marca			
Modelo			
Número			
Peso (kg)			
Comprimento (m)			
Ano de fabrico			
Ano de entrada ao serviço da empresa			
Estado geral do veículo			
Tipo de assento	Esteban FA 416: ()	ISRI: ()	Min-Bus: ()
Condições do assento (suspensão, mecanismos de controlo, apoio lombar,..)			
Capacidade	Sentado: ()	De pé: ()	

Caraterísticas do percurso (Ida 01)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
BOLHÃO	
GONÇALO CRISTÓVÃO	
FONTINHA	
DOZE CASAS	
MARQUÊS	
PERPÉTUO SOCORRO	
COMBATENTES	
PIRES DE LIMA	
SILVA TAPADA	
LUIS WOODHOUSE	
CONDE FERREIRA	
BARROCAS	
S.TA JUSTA	
ANTÓNIO COELHO	
ALTO DA AREOSA	
AREOSA	
AREOSA (MERCADO)	
AREOSA (FEIRA)	
TRIANA	
GIESTA	
CRESPO	
FORNO	
BRÁS OLEIRO	
CORIM	
CORISCOS	
PÍCUA	
ALTO DA MAIA	
JÚLIO DINIS	
MEILÃO	
MIRANTE	
GANDRA	
CAMÉLIAS	
MAIASHOPPING	
RODRIGUES FREITAS	
RIO LEÇA	
SIMÕES LOPES	
TRAVAGEM	

Caraterísticas do percurso (Volta 01)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
TRAVAGEM	
RIO LEÇA	
RODRIGUES FREITAS	
MAIA SHOPPING	
CAMÉLIAS	
GANDRA	
MIRANTE	
MEILÃO	
ALTO DA MAIA	
PÍCUA	
CORISCOS	
CASA DO CORIM	
CORIM	
BRÁS OLEIRO	
S. GEMIL	
FORNO	
CRESPO	
GIESTA	
TRIANA	
AREOSA (FEIRA)	
AREOSA (MERCADO)	
AREOSA	
ALTO DA AREOSA	
ANTÓNIO COELHO	
S.TA JUSTA	
BARROCAS	
CONDE FERREIRA	
LUIS WOODHOUSE	
SILVA TAPADA	
PIRES DE LIMA	
COMBATENTES	
PERPÉTUO SOCORRO	
MARQUÊS	
DOZE CASAS	
FONTINHA	
BOLHÃO	

Caraterísticas do percurso (Ida 02)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
BOLHÃO	
GONÇALO CRISTÓVÃO	
FONTINHA	
DOZE CASAS	
MARQUÊS	
PERPÉTUO SOCORRO	
COMBATENTES	
PIRES DE LIMA	
SILVA TAPADA	
LUIS WOODHOUSE	
CONDE FERREIRA	
BARROCAS	
S.TA JUSTA	
ANTÓNIO COELHO	
ALTO DA AREOSA	
AREOSA	
AREOSA (MERCADO)	
AREOSA (FEIRA)	
TRIANA	
GIESTA	
CRESPO	
FORNO	
BRÁS OLEIRO	
CORIM	
CORISCOS	
PÍCUA	
ALTO DA MAIA	
JÚLIO DINIS	
MEILÃO	
MIRANTE	
GANDRA	
CAMÉLIAS	
MAIASHOPPING	
RODRIGUES FREITAS	
RIO LEÇA	
SIMÕES LOPES	
TRAVAGEM	

Caraterísticas do percurso (Volta 02)	
Tipos de pavimento, mudança de piso, estado de conservação do piso, encontrados no decorrer do percurso	Empedrado (E), Asfalto (A), sem cobertura (SC) piso escorregadio (PE) Buracos (B), Declives (D), Elevações (EL),
Taxa de ocupação do autocarro	Vazio (V); médio (M) ou cheio (C)
Travagem	Brusca (TB), Semáforo (S), Paragem (P), congestionamento (CO)
Caraterísticas do trânsito	Normal (N) ou intenso (I)
Velocidade média de circulação (km/h)	
Disposição dos passageiros	Todos sentados (TS); alguns de pé (Pé); muitos em pé (MPé)
Paragens da linha (assinalar aquelas onde houve efetivamente paragem e hora exata em que isso aconteceu)	
TRAVAGEM	
RIO LEÇA	
RODRIGUES FREITAS	
MAIA SHOPPING	
CAMÉLIAS	
GANDRA	
MIRANTE	
MEILÃO	
ALTO DA MAIA	
PÍCUA	
CORISCOS	
CASA DO CORIM	
CORIM	
BRÁS OLEIRO	
S. GEMIL	
FORNO	
CRESPO	
GIESTA	
TRIANA	
AREOSA (FEIRA)	
AREOSA (MERCADO)	
AREOSA	
ALTO DA AREOSA	
ANTÓNIO COELHO	
S.TA JUSTA	
BARROCAS	
CONDE FERREIRA	
LUIS WOODHOUSE	
SILVA TAPADA	
PIRES DE LIMA	
COMBATENTES	
PERPÉTUO SOCORRO	
MARQUÊS	
DOZE CASAS	
FONTINHA	
BOLHÃO	

Recolha de dados: vibração e ruído

Condições da recolha de dados		
Localização dos sensores do equipamento de vibração		Superfície do assento e piso do veículo junto ao motorista
Calibração inicial do sonómetro	Hora	
	Correção	
Hora de início da medição		
Hora de fim da medição		
Tempo total de medição		
Tempo total de medição vibração		
Tempo total de medição ruído		
Nº de registo medição vibração		
Nº de registo medição ruído		

Observações:

Anexo III – Exemplo de Cálculo de Incerteza associada ao parâmetro $L_{EX,8h}$.

ISO 9612

Evaluation of measurement uncertainties (Annex C)

Task-based measurement

Data

For each task :
 Use yellow cells to enter the measured values L_p, A, eqT, m_i and (if needed) a task name
 Use green cells to enter daily duration, in hours (ex : 7,5 for 7 h 30 min) ; indicate, at least, one value,
 Use violet cells to enter u_2 , uncertainty due to measuring instrumentation (see Annex C, Table C.5 : $u_2 = 0,7$ or $1,5$ dB)

Task name	Task 1		Task 2		Task 3		Task 4		Task 5		Task 6		Task 7	
	Intervalo entre viagens		1ª Ida e Volta		2ª Ida e Volta									
Sample number	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)	Noise Levels (dB)	Task duration (h)
1	73,4	2,66667	73,2	2,66667	76,1	2,66667								
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
Measur. Instrum.	u2		u2		u2		u2		u2		u2		u2	
	0,7		0,7		0,7									
Number of measured values	1		1		1		0		0		0		0	
$L_{p,A,eqT,m}$: Energy average	73,4		73,2		76,1									
Standard uncertainty u_{1a}	0,0		0,0		0,0									
T_m : Duration of task m (h)	2,7		2,7		2,7									
Standard uncertainty u_{1b}	0,0		0,0		0,0									

ISO 9612 Evaluation of measurement uncertainties (Annex C) Task-based measurement

Uncertainties calculations

All values are calculated from the Task-input-data sheet

Daily noise exposure level
Expanded uncertainty

74,4 dB
1,2 dB

Number of tasks
Total daily duration (h)

3
8,0

Uncertainty budget		(reference)	Symbols, relations	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	Task 6	Task 7
Noise level	Standard uncertainty	(C.6)	$u_{1a,m}$	0,00	0,00	0,00				
	Sensitivity coefficient	(C.4)	$c_{1a,m}$	0,26	0,25	0,49				
Duration	Standard uncertainty	(C.7)	$u_{1b,m}$	0,00	0,00	0,00				
	Sensitivity coefficient	(C.5)	$c_{1b,m}$	0,43	0,41	0,79				
Uncertainty contribution of noise levels				$c_{1a,m} \cdot u_{1a,m}$	0,00	0,00	0,00			
Uncertainty contribution of tasks durations				$c_{1b,m} \cdot u_{1b,m}$	0,00	0,00	0,00			
Uncert. contr. of measuring instrumentation				$c_{1a,m} \cdot u_{2,m}$	0,18	0,18	0,34			
Uncert. contr. of measurement position				$c_{1a,m} \cdot u_{3,m}$	0,26	0,25	0,49			

Results		Task name	Task 1	Task 2	Task 3	Task 4	Task 5	Task 6	Task 7
		Intervalo entre viagens	1ª Ida e Volta	2ª Ida e Volta					
Mean Noise level (dB)		(9.3 : (7))	$L_{p,A,eqT,m}$	73,4	73,2	76,1			
Duration (h)		(9.2 : (5))	T_m	2,7	2,7	2,7			
Contribution of task m to $L_{EX,8h}$		(9.4 : (8))	$L_{EX,8h,m}$	68,6	68,4	71,3			
Uncertainty contribution	Noise level		$(c_{1a,m} \cdot u_{1a,m})^2$	0,00	0,00	0,00			
	Duration		$(c_{1b,m} \cdot u_{1b,m})^2$	0,00	0,00	0,00			
	Measuring instrumentation		$(c_{1a,m} \cdot u_{2,m})^2$	0,03	0,03	0,12			
	Measurement position		$(c_{1a,m} \cdot u_{3,m})^2$	0,07	0,06	0,24			
Sum per task m			$u^2(L_{EX,8h})_m$	0,10	0,09	0,35			

Sum for all tasks (C.3) $u^2(L_{EX,8h}) = 0,55$

Combined standard uncertainty $u(L_{EX,8h}) = 0,7$ dB

Expanded uncertainty

Daily noise exposure level (C.2) $L_{EX,8h} = 74,4$ dB $U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u(L_{EX,8h}) = 1,2$ dB

Anexo IV – Exemplo de Cálculo de Incerteza associada ao parâmetro A(8)

Neste anexo são apresentados, a título de exemplo, os cálculos intermédios das diferentes componentes de incerteza para o condutor E do percursos D, no cálculo do parâmetro A(8).

A incerteza das medições das vibrações está associada à repetibilidade destas e é calculada a partir do desvio padrão experimental da média (Equação IV.1):

$$S(a_w) = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (a_{wj} - \bar{a}_w)^2} = 0.266 \text{ m.s}^{-2} \quad (\text{IV.1})$$

Deste modo, com o valor de $S(a_w)$ calculou-se a incerteza padrão (Equação III.2), onde n corresponde ao número de medições efetuadas:

$$u(x_i) = S(\bar{a}_w) = \frac{S(a_w)}{\sqrt{n}} = \frac{0.266}{\sqrt{10614}} = 2.58 \times 10^{-3} \quad (\text{IV.2})$$

Posteriormente calculou-se o coeficiente de sensibilidade com base na Equação III.3, admitindo-se que T_i corresponde a 6.67 horas de trabalho efetivo, T_0 às 8 horas de trabalho definidas legalmente e a_{wi} ao valor de RMS máximo.

$$C_i = \frac{\partial A(8)}{\partial a_{wi}} = \frac{T_i}{T_0} \frac{a_{wi}}{A(8)} = \frac{6.67}{8} \times \frac{0.246}{0.225} = 9.13 \times 10^{-1} \quad (\text{IV.3})$$

O coeficiente de sensibilidade é idêntico para a componente de incerteza associada às medições das vibrações e para a componente de incerteza associada ao sistema de medição, visto que ambos se basearam na Equação IV.3.

Seguidamente calculou-se a incerteza padrão associada ao sistema de medição e a incerteza padrão associada à duração da exposição através da Equação IV.4. Contudo, no primeiro caso assume-se um erro máximo de 6% do valor medido, enquanto no segundo caso assume-se um erro máximo de 4% do valor medido.

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.06 \times 0.246}{\sqrt{3}} = 8.53 \times 10^{-3} \quad (\text{IV.4})$$

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.04 \times 0.246}{\sqrt{3}} = 5.68 \times 10^{-3}$$

De seguida, através da Equação IV.5 determinou-se o coeficiente de sensibilidade para a componente de incerteza associada à duração da exposição.

$$C_i = \frac{\partial A(8)}{\partial a_{wi}} = \frac{a_{wi}^2}{A(8) \times T_0 \times 2} = \frac{0.246^2}{0.225 \times 8 \times 2} = 1.69 \times 10^{-2} \quad (\text{IV.5})$$

A incerteza padrão do arredondamento foi calculada através Equação IV.4, sendo que neste caso a corresponde a meia divisão do valor final apresentado (Equação IV.6).

$$u(x_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 2.89 \times 10^{-3} \quad (\text{IV.6})$$

Com os valores obtidos a partir das equações anteriores foi possível proceder-se ao cálculo da incerteza combinada recorrendo à Equação IV.7.

$$u_{combinada}^2(y) = (2.58 \times 10^{-3} \times 9.13 \times 10^{-3})^2 + (8.53 \times 10^{-3} \times 9.13 \times 10^{-3})^2 + (5.68 \times 10^{-3} \times 1.69 \times 10^{-2})^2 + (2.89 \times 10^{-3} \times 1)^2 \Leftrightarrow \quad (\text{IV.7})$$

$$\Leftrightarrow (5.55 \times 10^{-6}) + (6.07 \times 10^{-5}) + (9.18 \times 10^{-9}) + (8.33 \times 10^{-6}) = 7.46 \times 10^{-5}$$

Seguidamente procedeu-se ao cálculo da incerteza, tendo em conta os graus de liberdade.

No caso da incerteza associada à repetibilidade das medições, os graus de liberdade foram obtidos pela subtração de um ao número total de medições efetuadas. Assim, como se efetuaram 10614 medições, subtraindo um obteve-se 10613 graus de liberdade. Para as restantes incertezas admitiu-se o valor de 50.

Posto isto, o número de graus de liberdade efetivos foi calculado segundo a Equação IV.8.

$$v_{eff} = \frac{(7.46 \times 10^{-5})^2}{\frac{(5.55 \times 10^{-6})^2}{10613} + \frac{(6.07 \times 10^{-5})^2}{50} + \frac{(9.18 \times 10^{-9})^2}{50} + \frac{(8.33 \times 10^{-6})^2}{50}} = 74 \quad (\text{IV.8})$$

Após a determinação dos graus de liberdade efetivos é possível calcular o fator k , a partir do parâmetro v_{eff} , para uma distribuição t de Student, considerando um intervalo de confiança unilateral com uma probabilidade de 95%. Este cálculo foi realizado recorrendo à função INV.T.2C (2*0,05; v_{eff}) do Excel, cujo valor obtido foi de 1.67.

Desta forma, tinha-se todos os dados necessários para proceder, finalmente, à determinação da incerteza expandida através da aplicação da Equação IV.9.

$$U = k \times u_{combinada}^2(y) = 1.67 \times \sqrt{(7.46 \times 10^{-5})} = 1.44 \times 10^{-2} = 0.01 \quad (\text{IV.9})$$

Assim, constata-se que a medição do A(8) para o condutor E do percurso D teve uma incerteza expandida de ± 0.01 .

Anexo V – Identificação de fenômenos e padrões de ruído e vibrações

Neste anexo encontram-se representados os gráficos produzidos de forma a possibilitar a identificação de padrões durante a monitorização do ruído e vibrações de corpo inteiro, para os restantes motoristas.

Nas Figuras V.1 e V.2, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor B do percurso D.

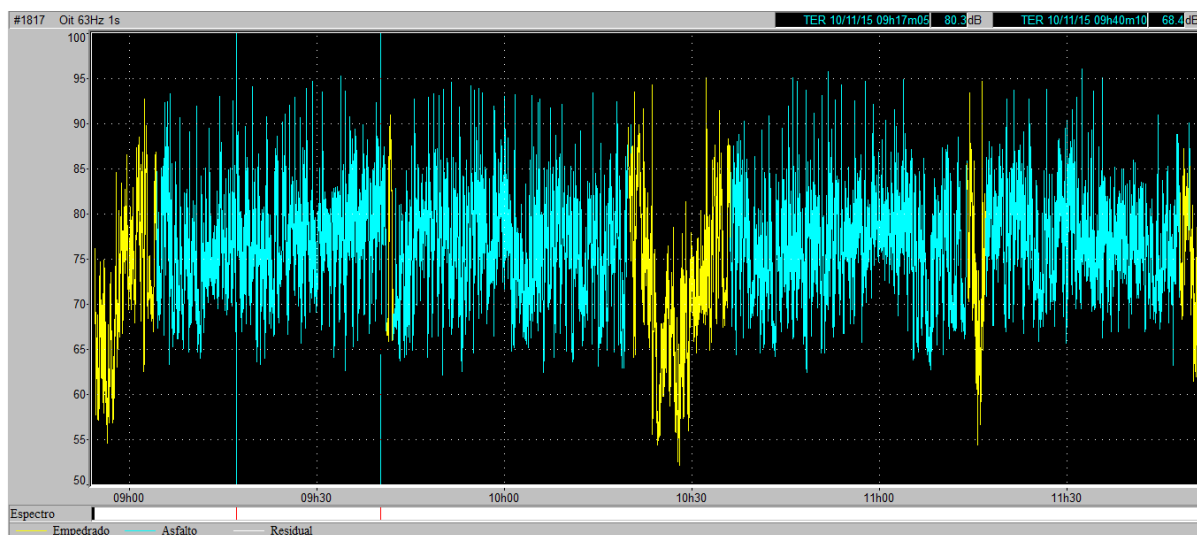


Figura V.1 - Análise do espectro da monitorização BD por tipo de piso.

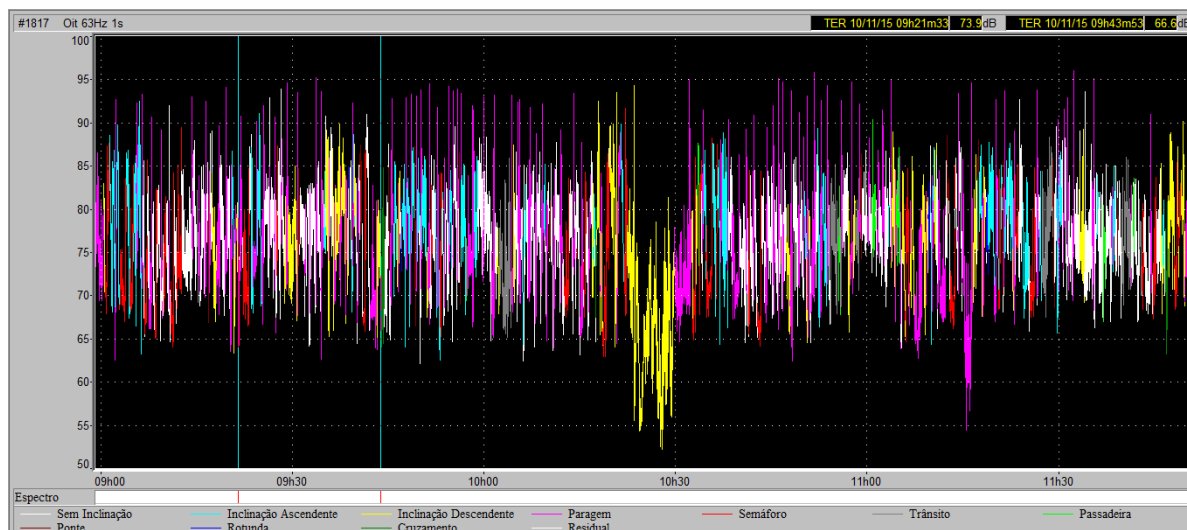


Figura V.2 - Análise do espectro da monitorização BD por tipo de fonte.

Nas Figuras V.3 a V.6 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor B do percurso D.

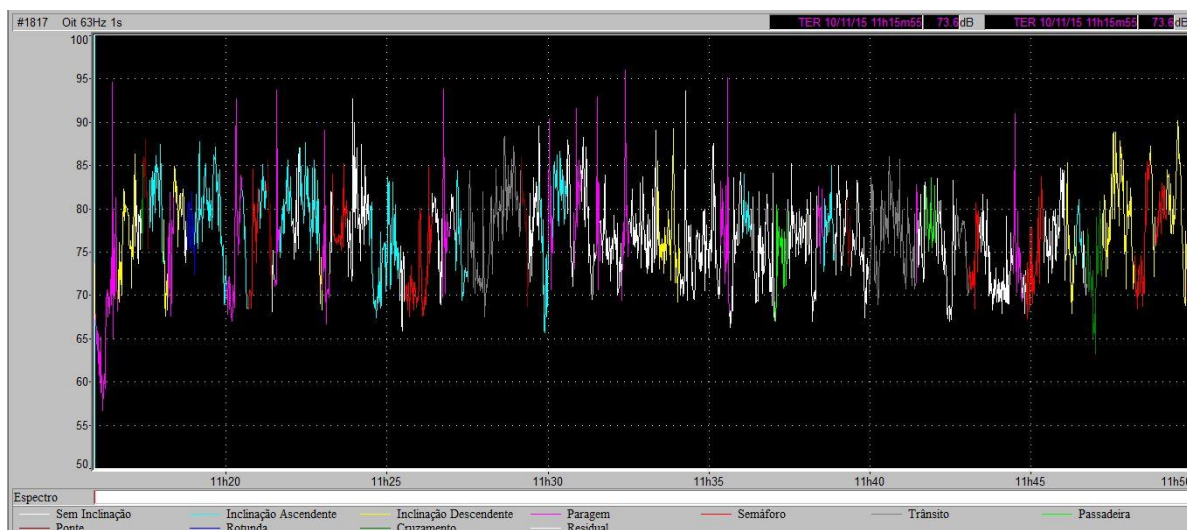


Figura V.3 - Análise do espectro da monitorização BD41.

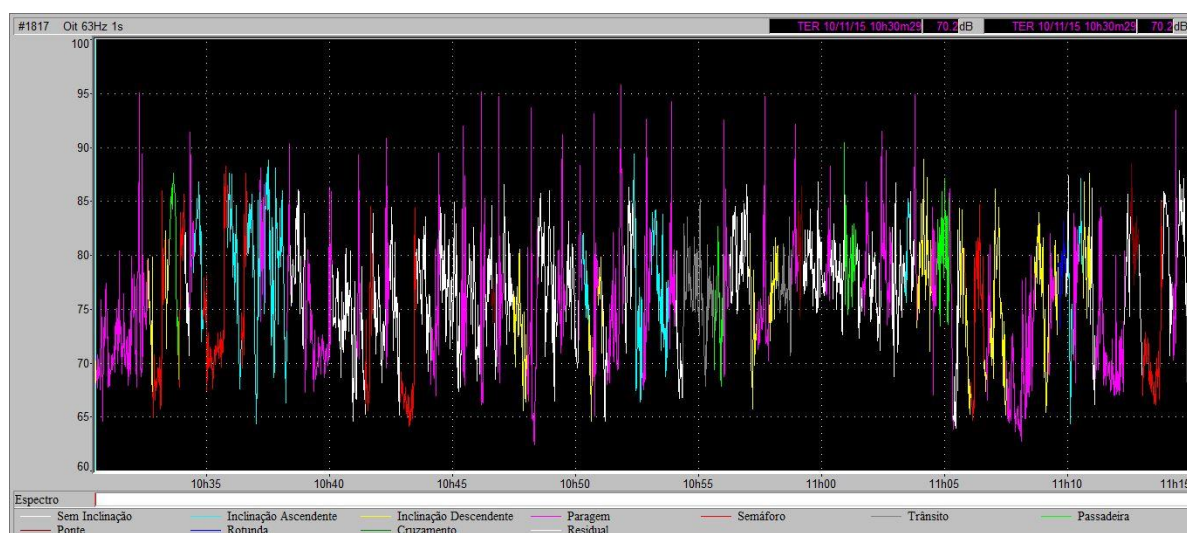


Figura V.4 - Análise do espectro da monitorização BD42.

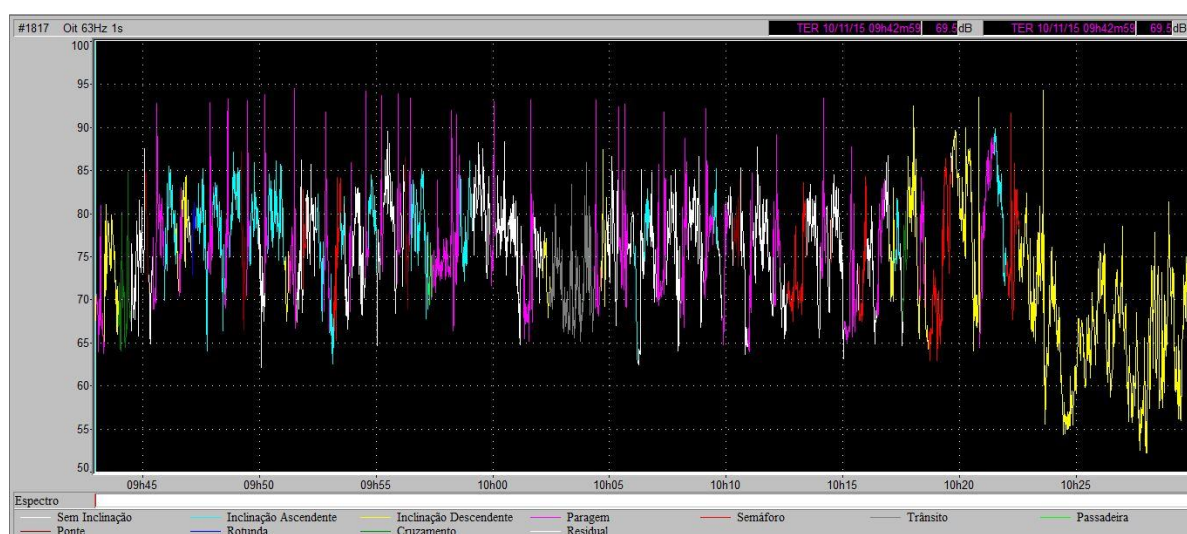


Figura V.5 - Análise do espectro da monitorização BD43.

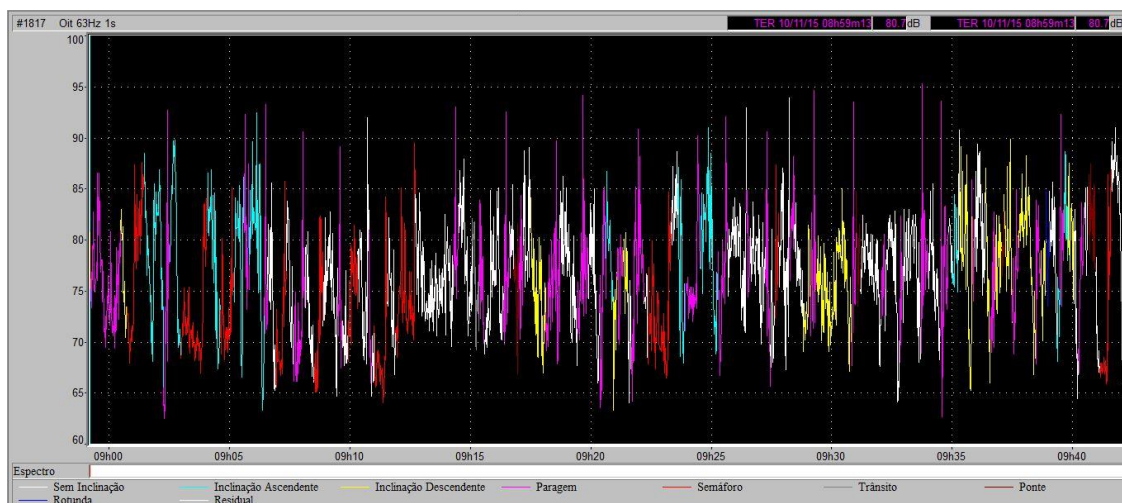


Figura V.6 - Análise do espectro da monitorização BD44.

A Figura V.7 representa a medição da aceleração no assento do condutor B, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso D.

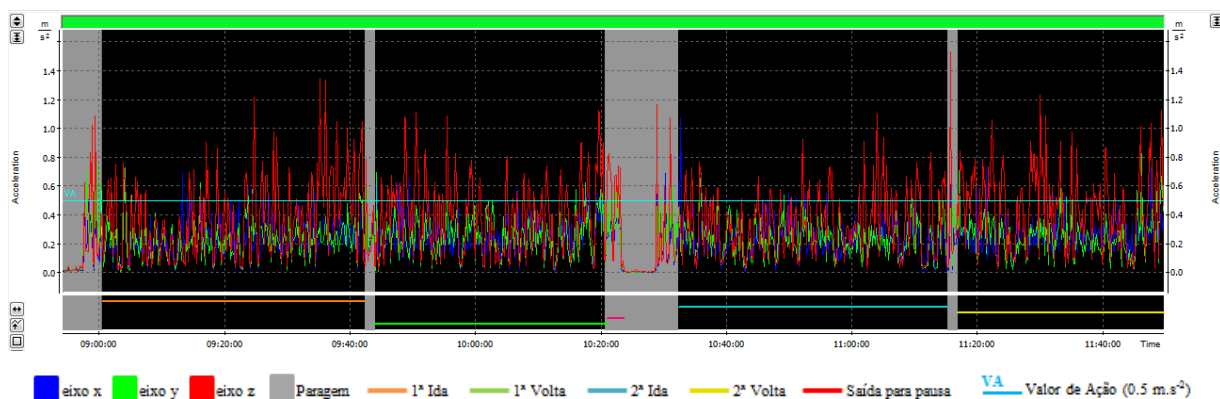


Figura V.7 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do BD.

Nas Figuras V.8 e V.9, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor D do percurso D.

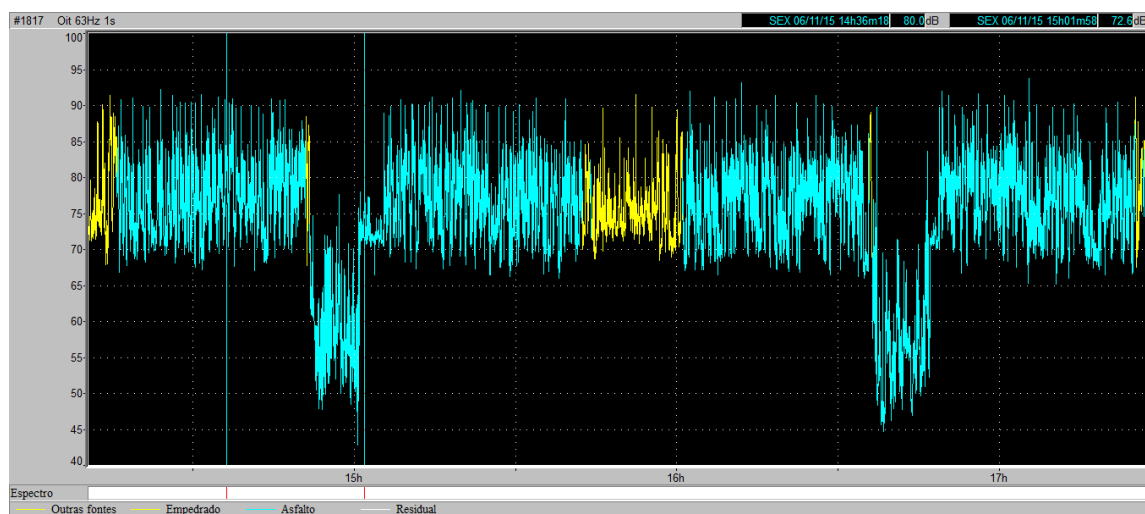


Figura V.8 - Análise do espectro da monitorização DD por tipo de piso.

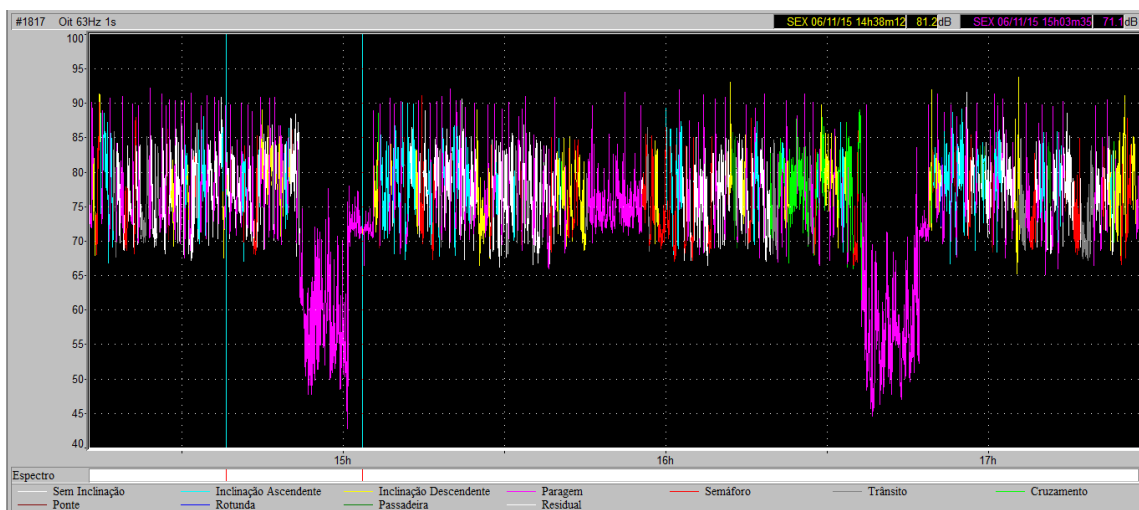


Figura V.9 - Análise do espectro da monitorização DD por tipo de fonte.

Nas Figuras V.10 a V.13 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor D do percurso D.

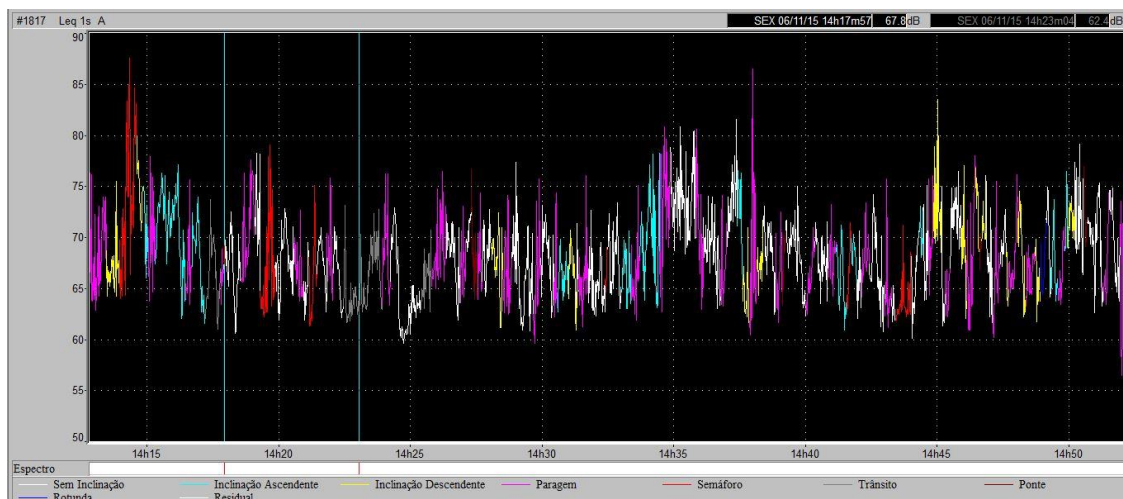


Figura V.10 - Análise do espectro da monitorização DD41.

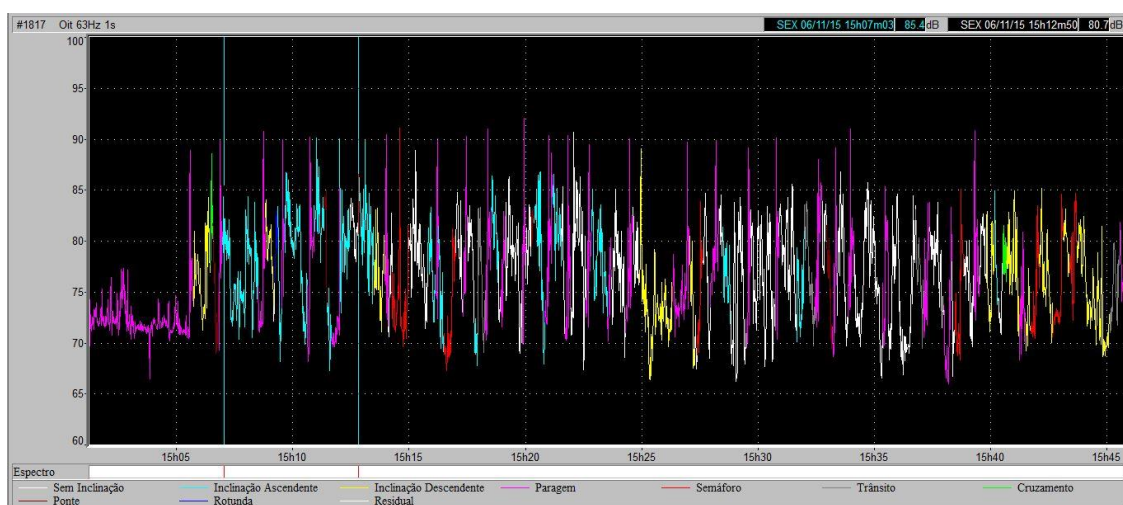


Figura V.11 - Análise do espectro da monitorização DD42.

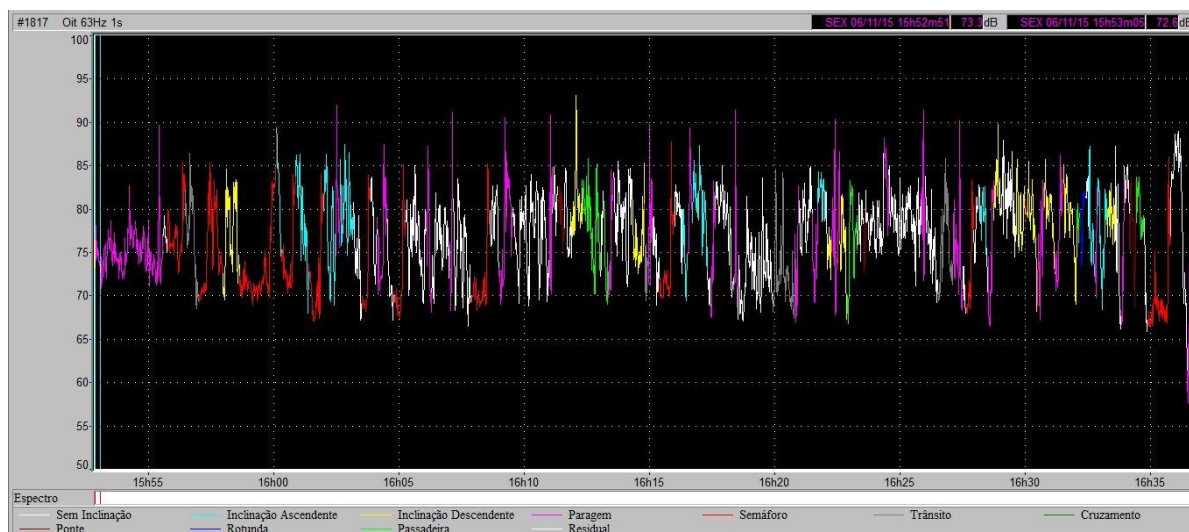


Figura V.12 - Análise do espectro da monitorização DD43.



Figura V.13 - Análise do espectro da monitorização DD44.

A Figura V.14 representa a medição da aceleração no assento do condutor D, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso D.

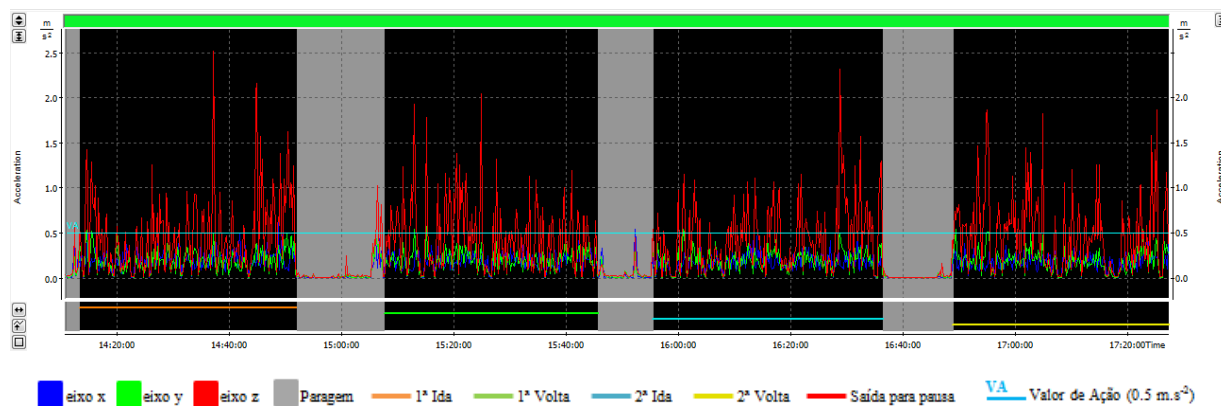


Figura V.14 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do DD.

Nas Figuras V.15 e V.16, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor E do percurso D.

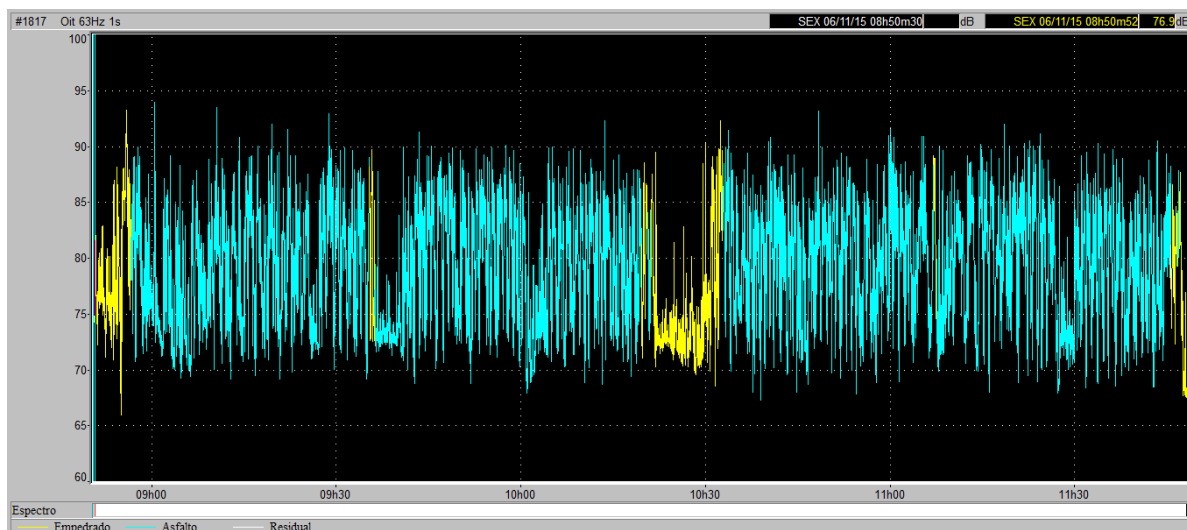


Figura V.15 - Análise do espectro da monitorização ED por tipo de piso.

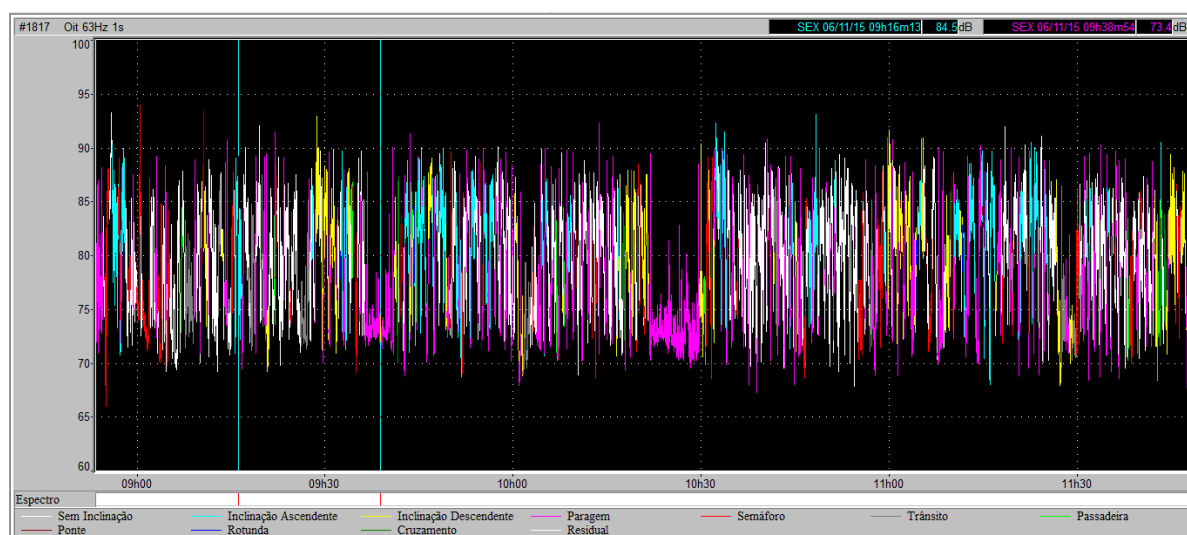


Figura V.16 - Análise do espectro da monitorização ED por tipo de fonte.

Nas Figuras V.17 a V.20 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor E do percurso D.

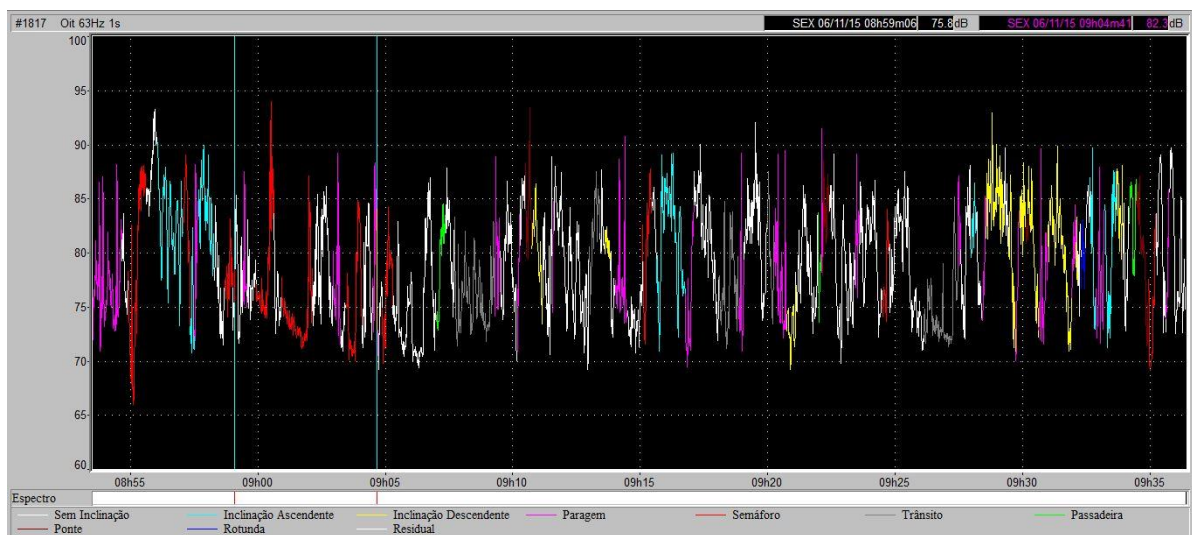


Figura V.17 - Análise do espectro da monitorização ED41.

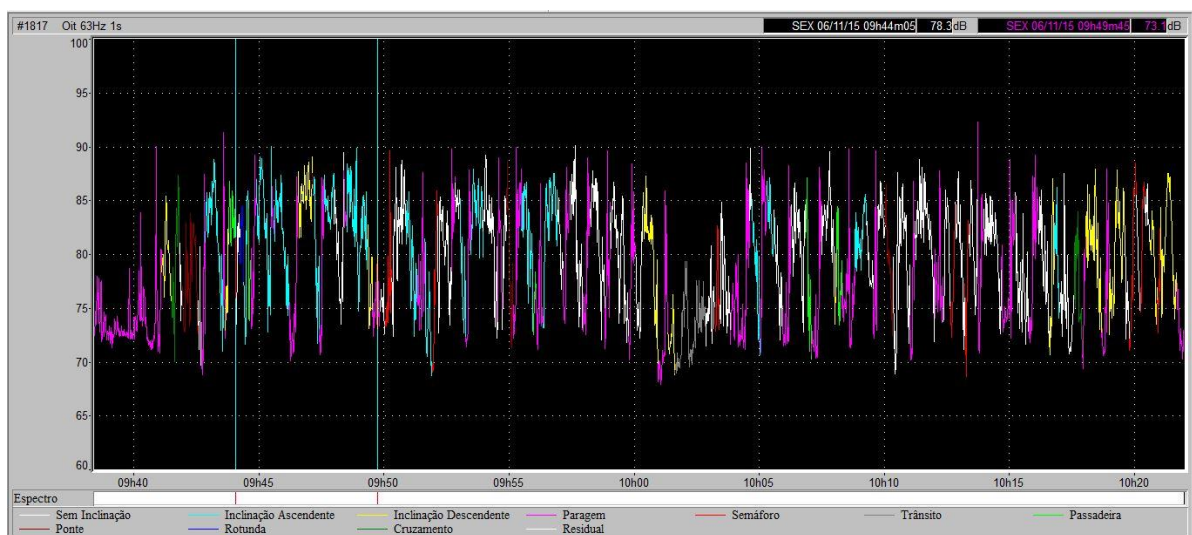


Figura V.18 - Análise do espectro da monitorização ED42.

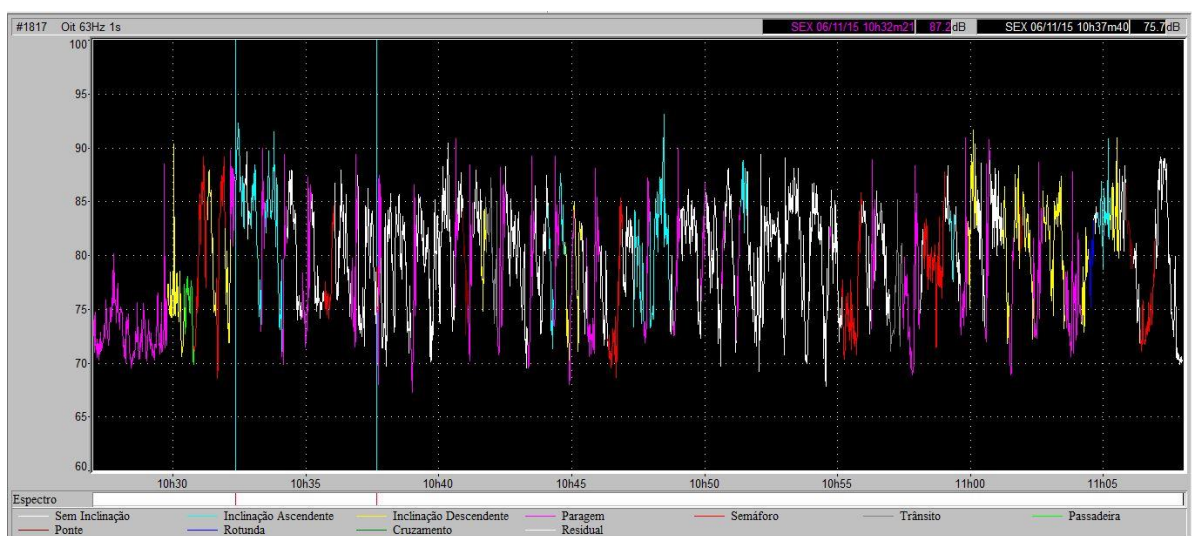


Figura V.19 - Análise do espectro da monitorização ED43.



Figura V.20 - Análise do espectro da monitorização ED44.

A Figura V.21 representa a medição da aceleração no assento do condutor E, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso D.

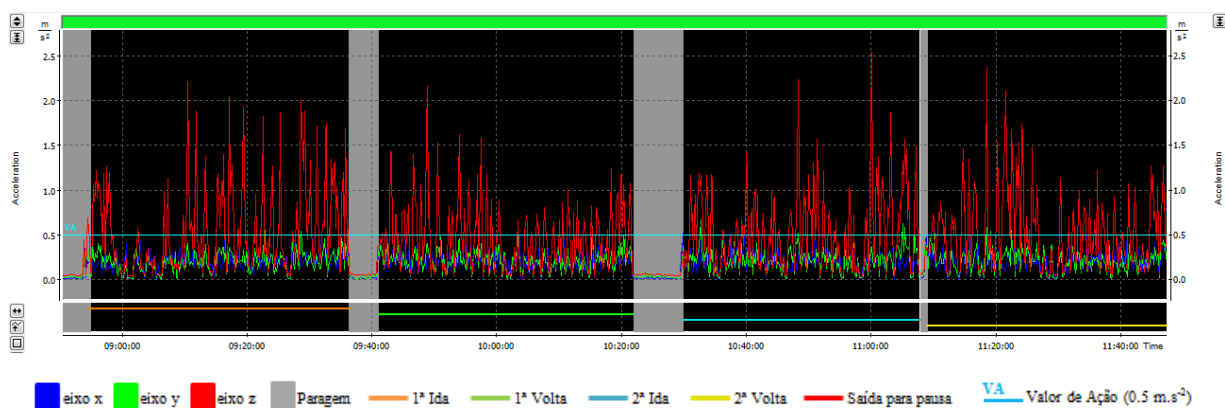


Figura V.21 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do ED.

Nas Figuras V.22 e V.23, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor F do percurso D.

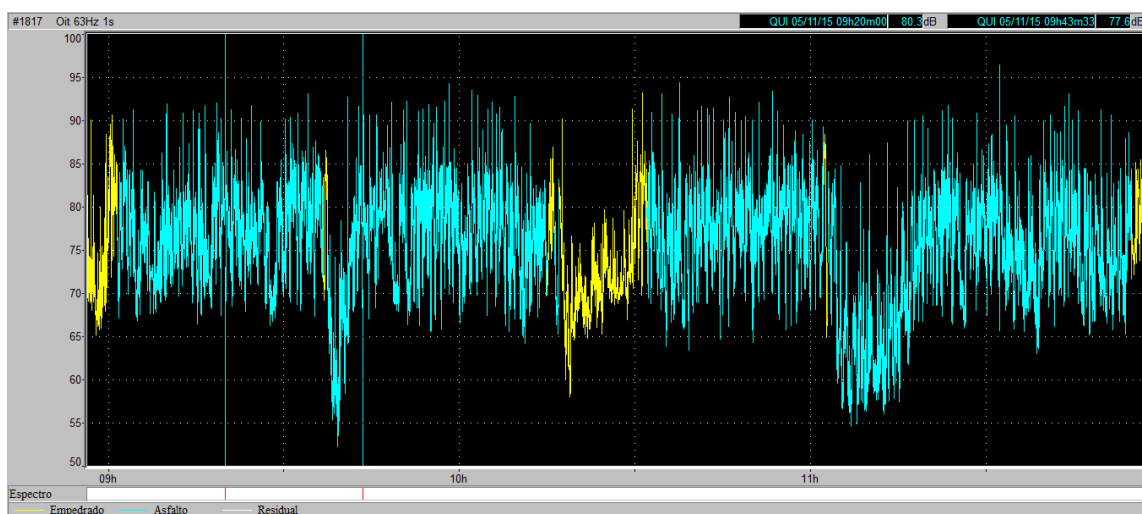


Figura V.22 - Análise do espectro da monitorização FD por tipo de piso.

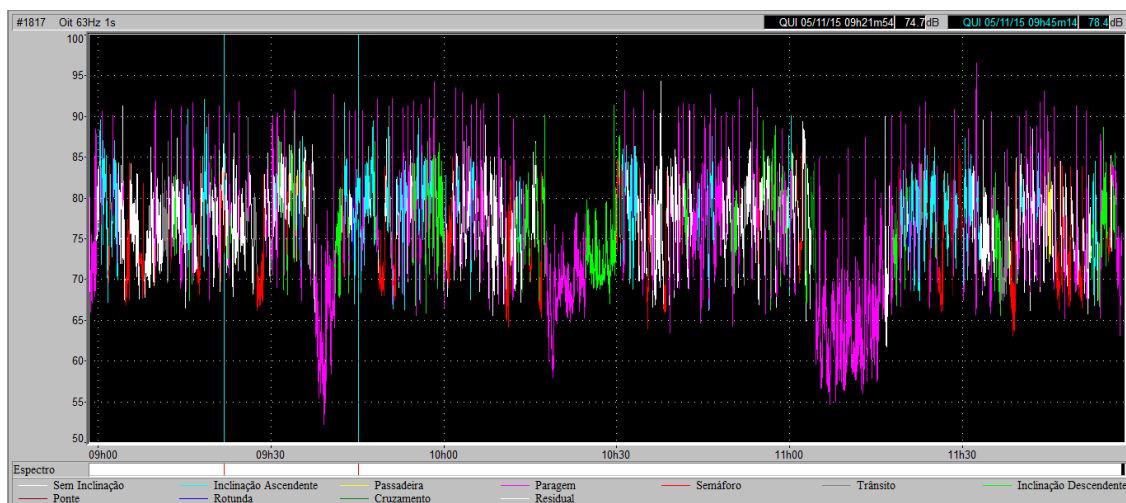


Figura V.23 - Análise do espectro da monitorização FD por tipo de fonte.

Nas Figuras V.24 a V.27 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor F do percurso D.



Figura V.24 - Análise do espectro da monitorização FD41.

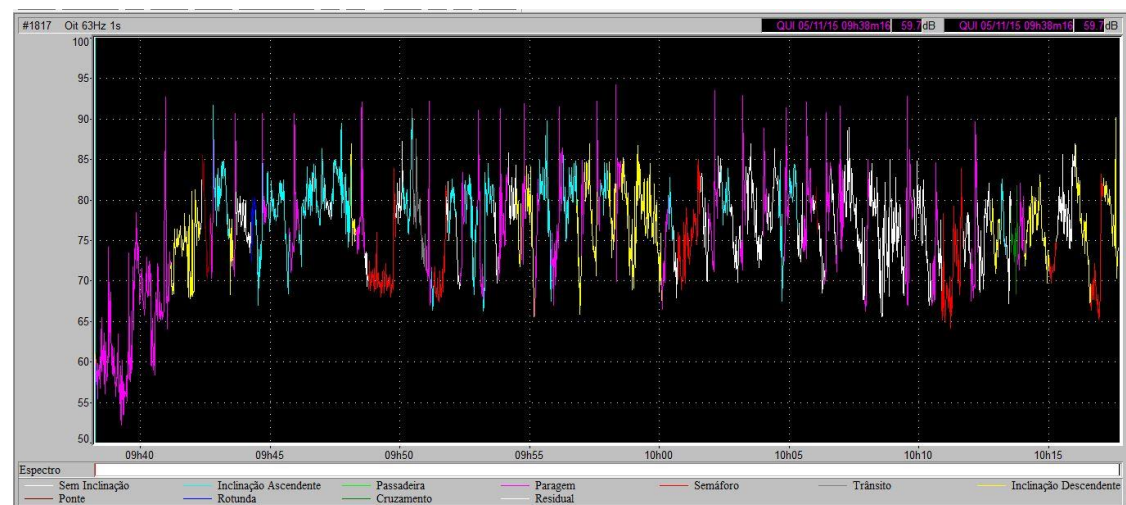


Figura V.25 - Análise do espectro da monitorização FD42.

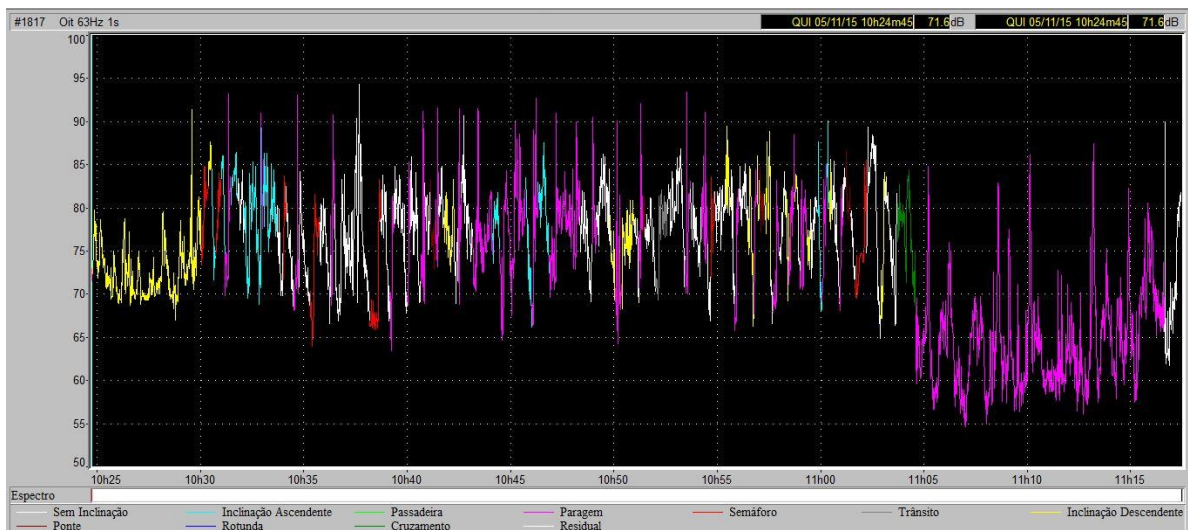


Figura V.26 - Análise do espectro da monitorização FD43.

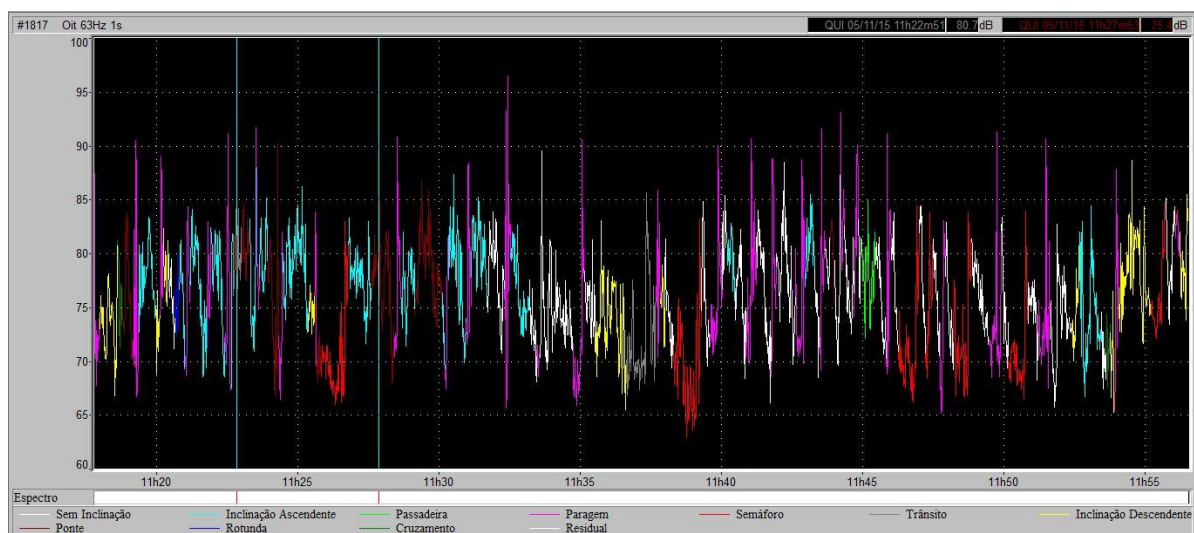


Figura V.27 - Análise do espectro da monitorização FD44.

A Figura V.28 representa a medição da aceleração no assento do condutor F, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso D.

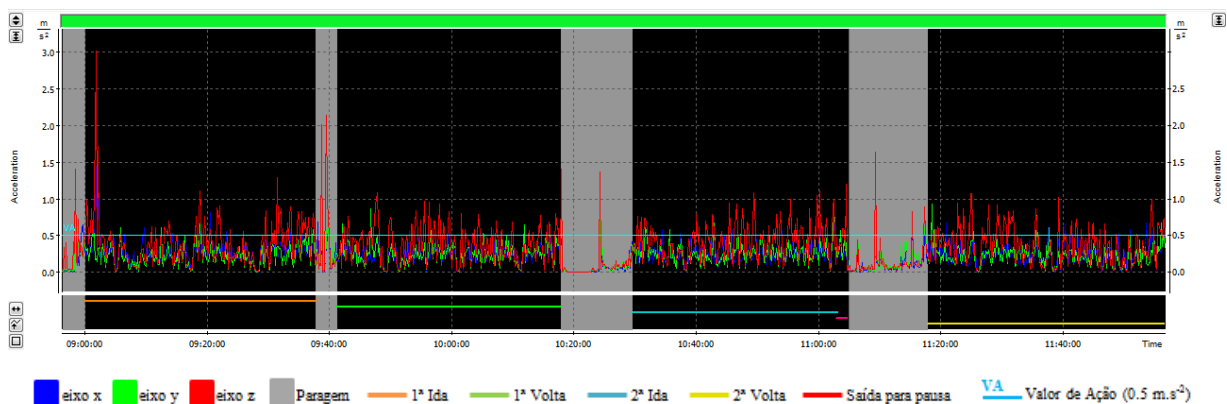


Figura V.28 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do FD.

Nas Figuras V.29 e V.30, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor G do percurso C.

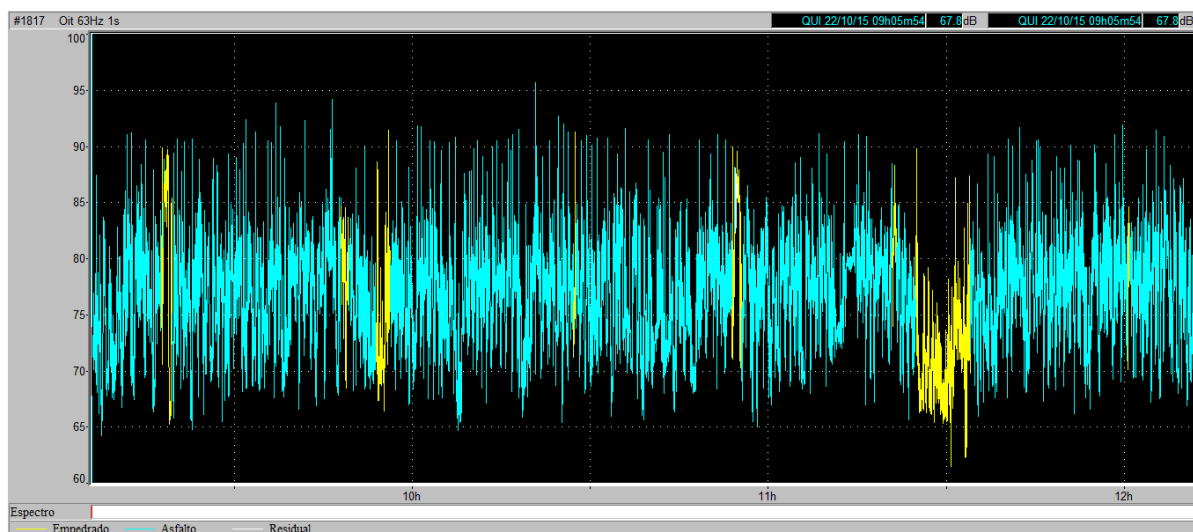


Figura IV.29 - Análise do espectro da monitorização GC por tipo de piso.

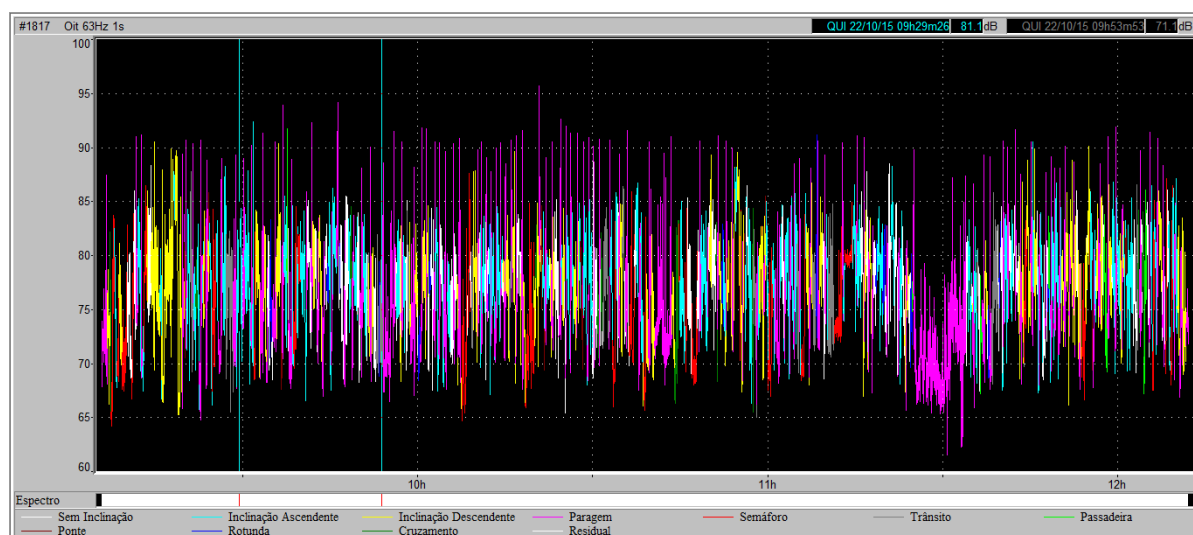


Figura V.30 - Análise do espectro da monitorização GC por tipo de fonte.

Nas Figuras V.31 a V.34 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor G do percurso C.

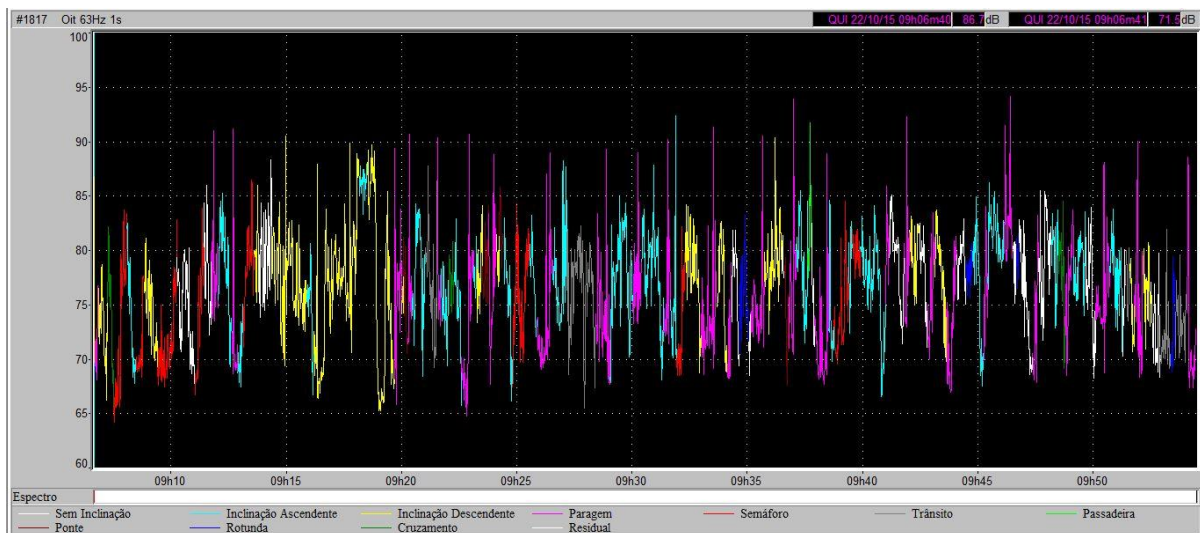


Figura V.31 - Análise do espectro da monitorização GC41.



Figura V.32 - Análise do espectro da monitorização GC42.

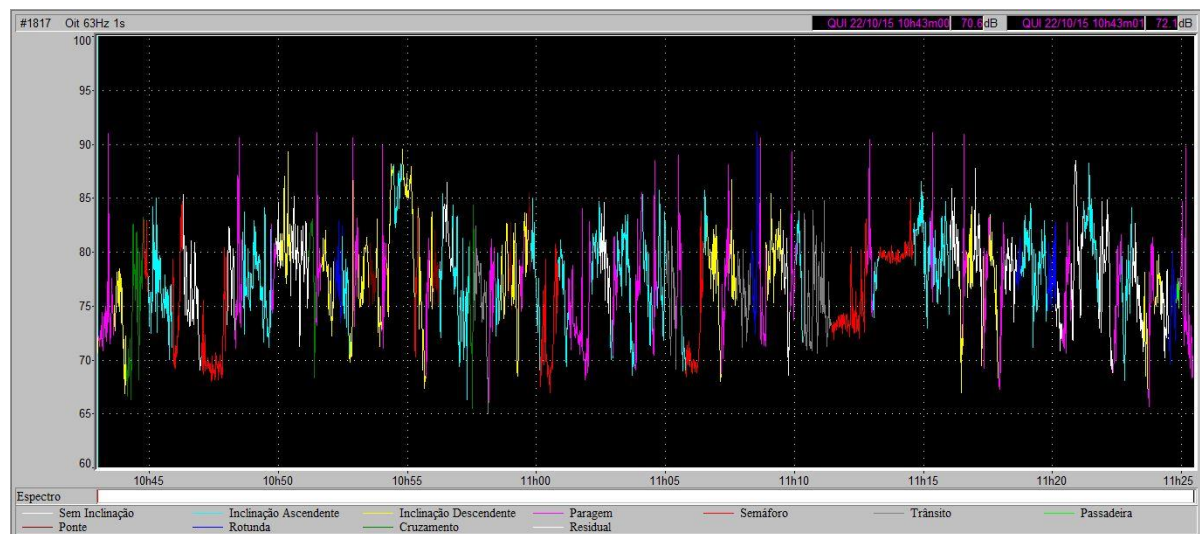


Figura V.33 - Análise do espectro da monitorização GC43.

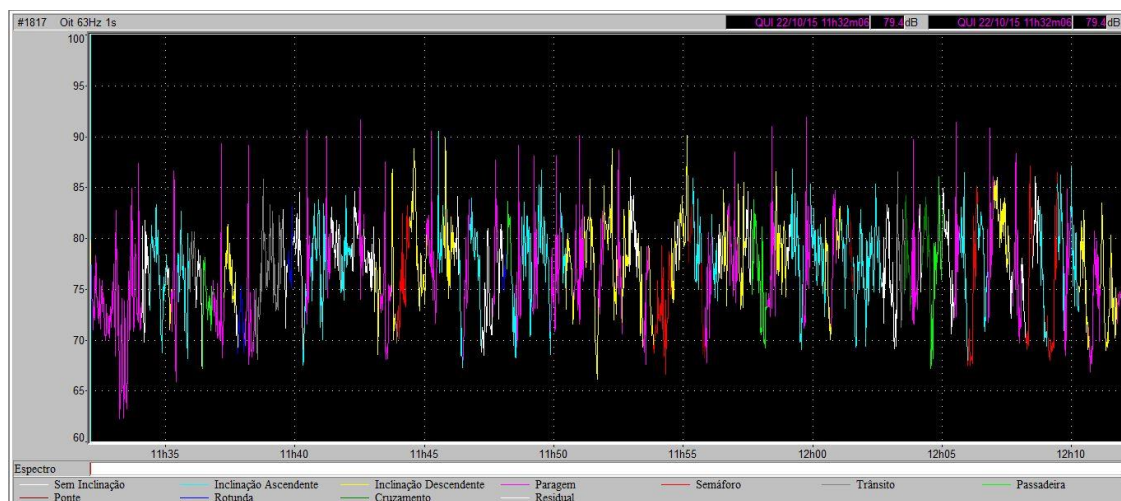


Figura V.34 - Análise do espectro da monitorização GC44.

A Figura V.35 representa a medição da aceleração no assento do condutor G, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso C.

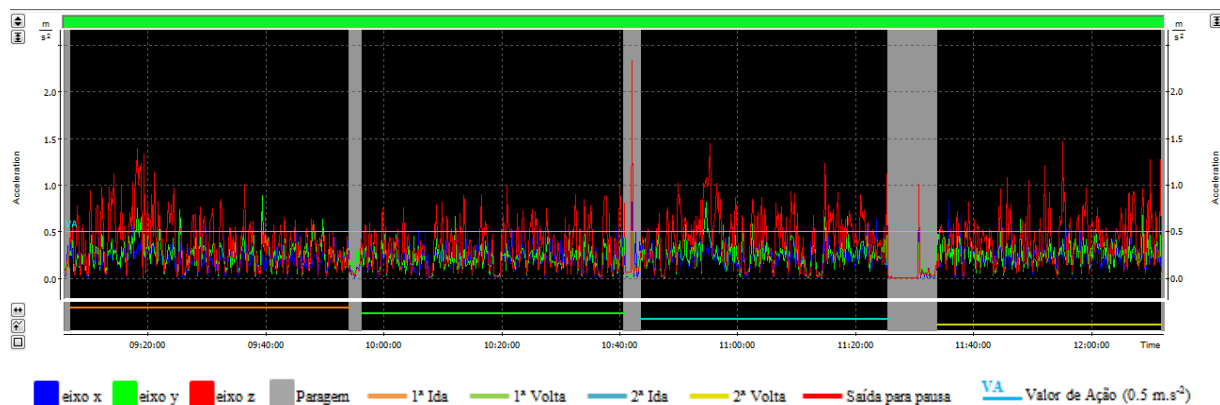


Figura V.35 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do GC.

Nas Figuras V.35 e V.36, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor I do percurso C.

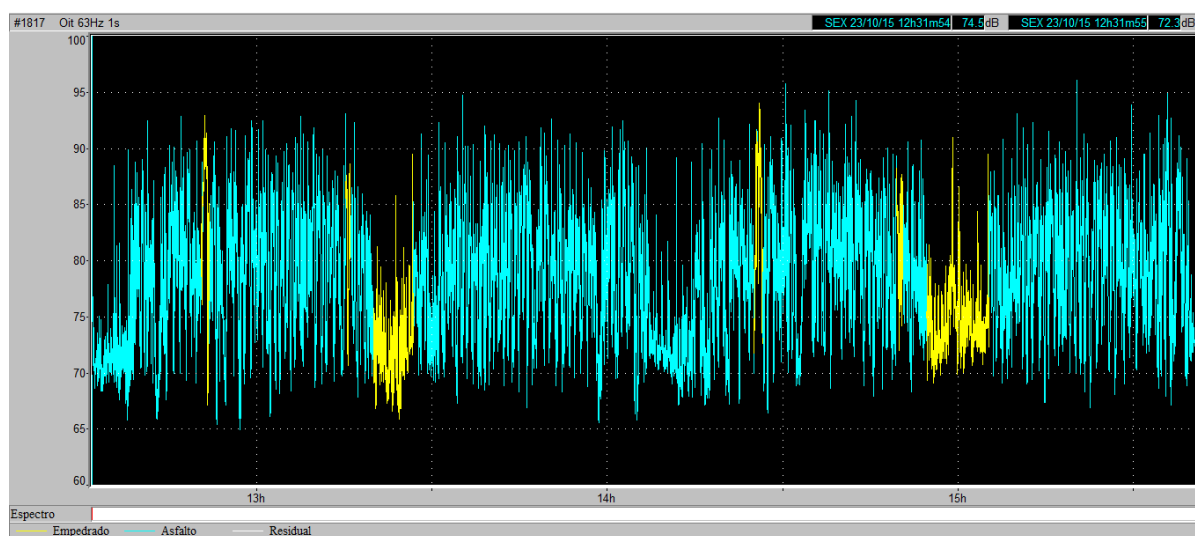


Figura V.36 - Análise do espectro da monitorização IC por tipo de piso.

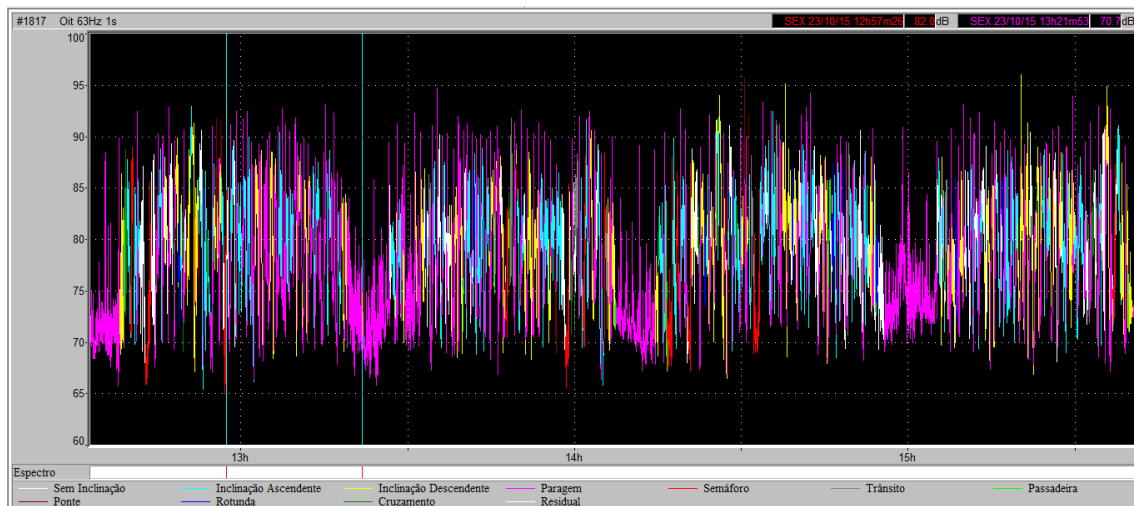


Figura V.37 - Análise do espectro da monitorização IC por tipo de fonte.

Nas Figuras V.38 a V.41 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor I do percurso C.



Figura V.38 - Análise do espectro da monitorização IC41.

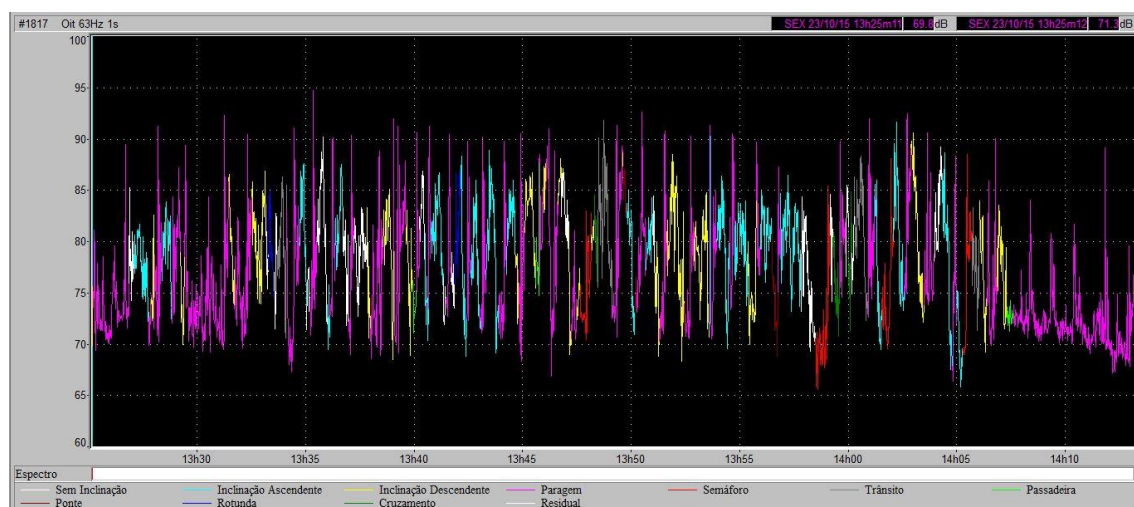


Figura V.39 - Análise do espectro da monitorização IC42.

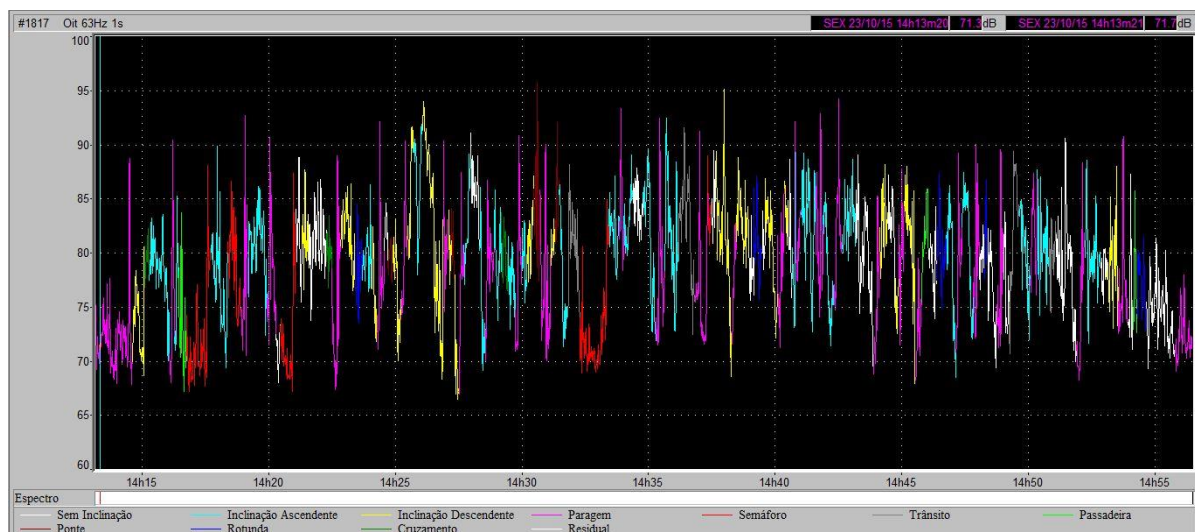


Figura V.40 - Análise do espectro da monitorização IC43.

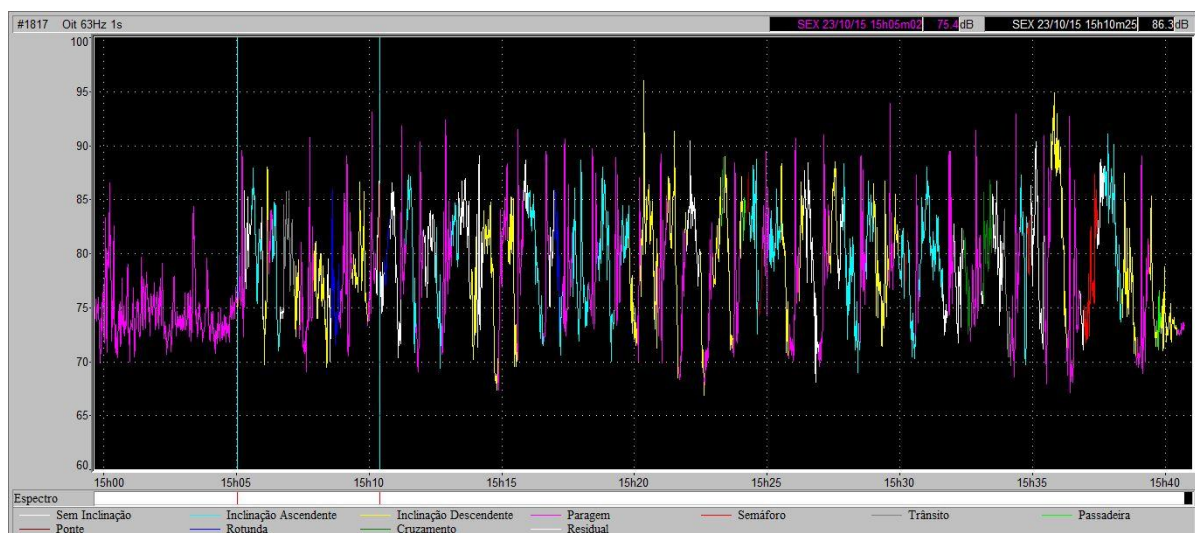


Figura V.41 - Análise do espectro da monitorização IC44.

A Figura V.42 representa a medição da aceleração no assento do condutor I, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso C.

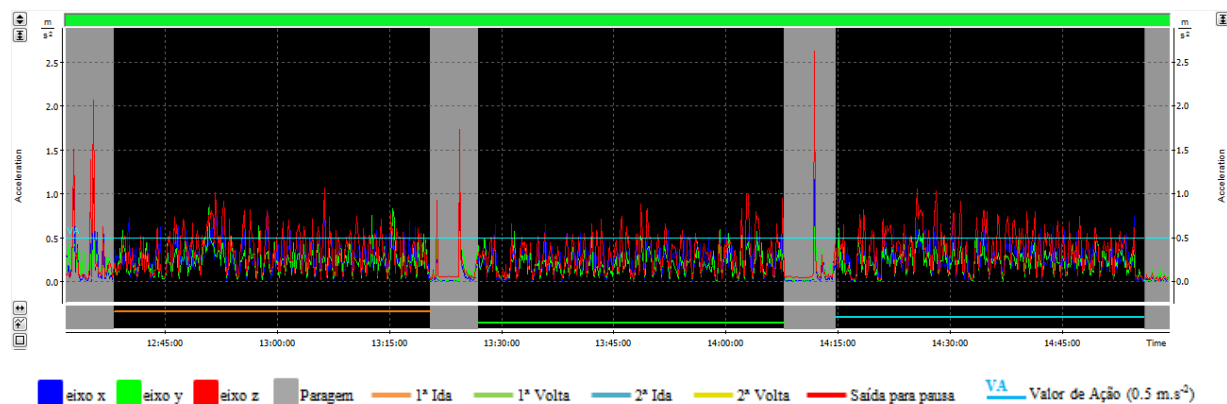


Figura V.42 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do IC.

Nas Figuras V.43 e V.44, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor J do percurso C.

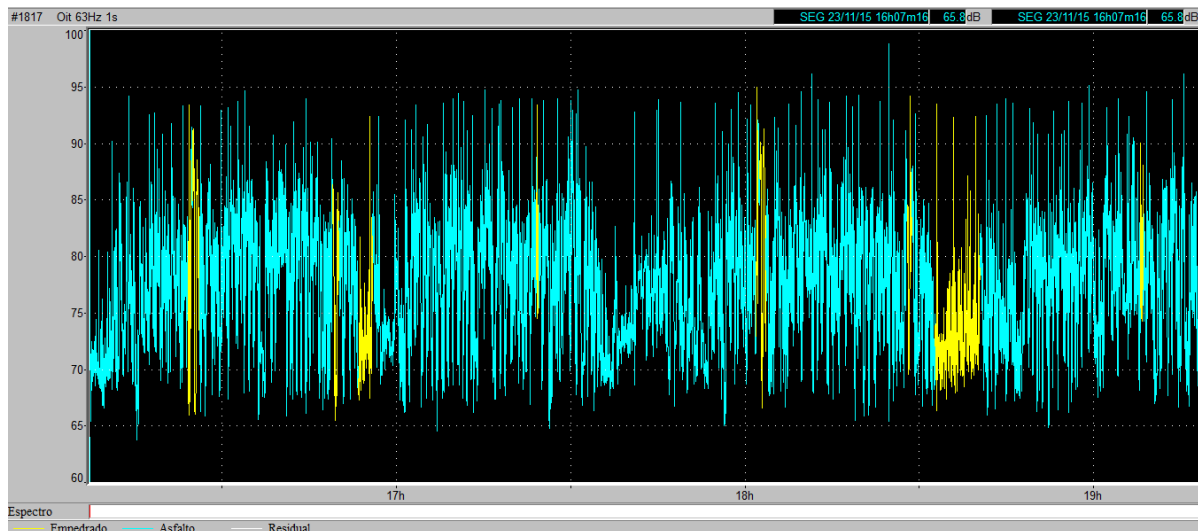


Figura V.43 - Análise do espectro da monitorização JC por tipo de piso.

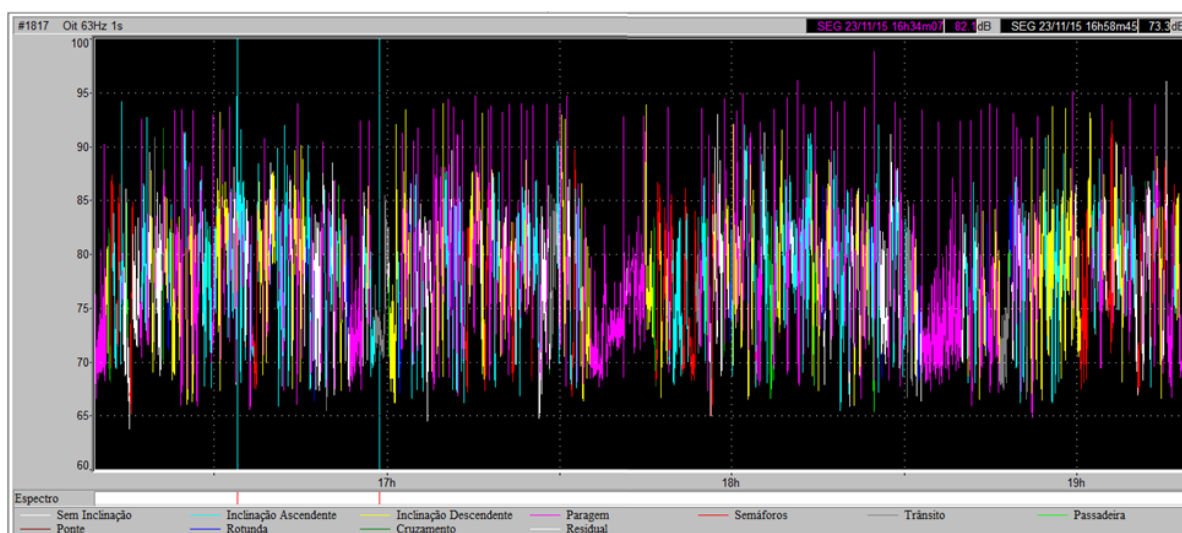


Figura V.44 - Análise do espectro da monitorização JC por tipo de fonte.

Nas Figuras V.45 a V.48 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor J do percurso C.



Figura V.45 - Análise do espectro da monitorização JC41.

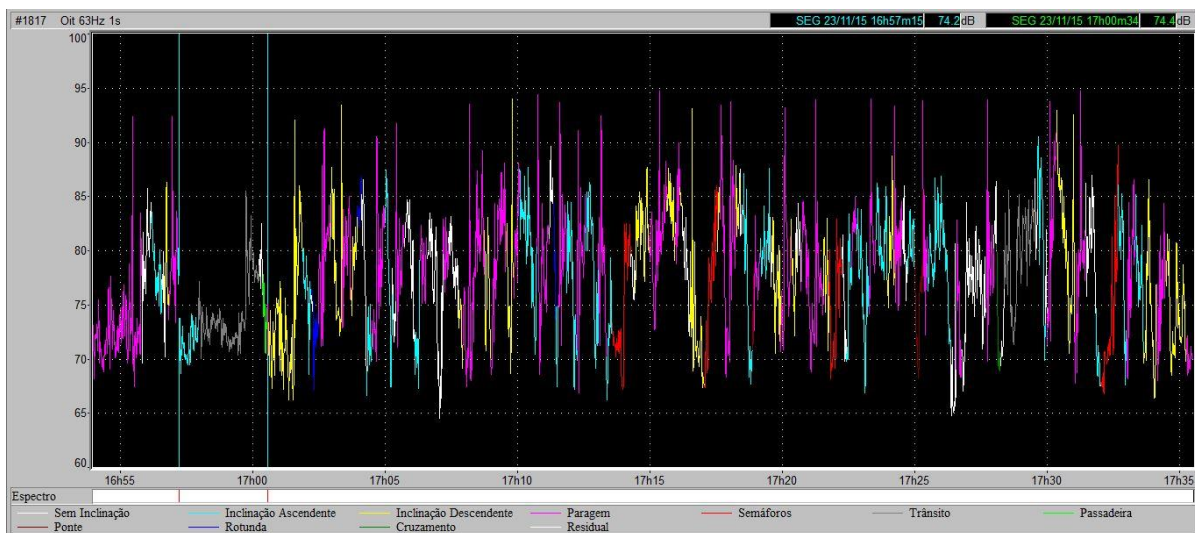


Figura V.46 - Análise do espectro da monitorização JC42.

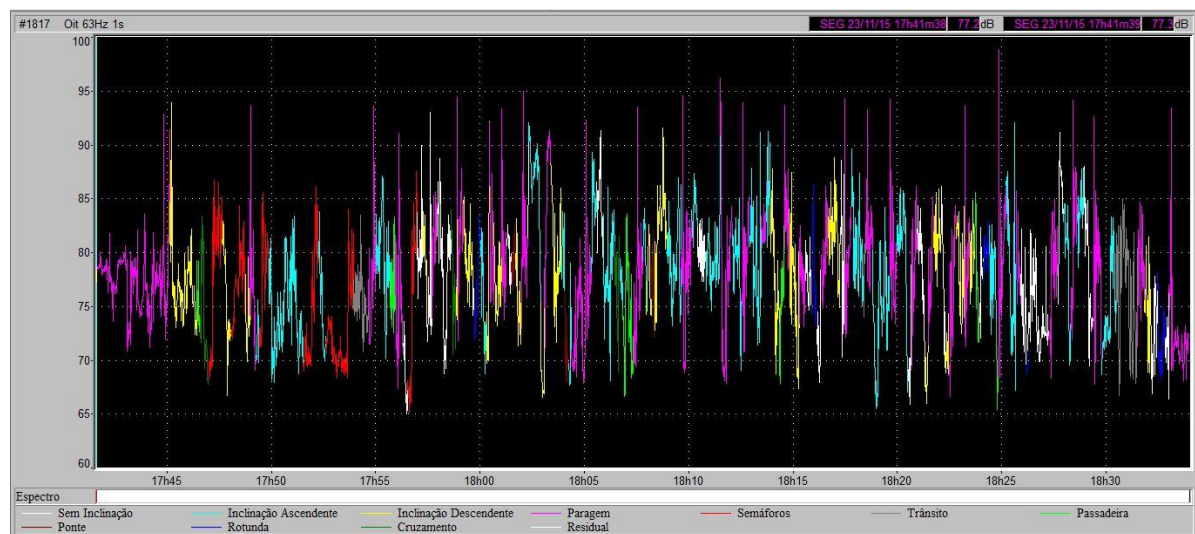


Figura V.47 - Análise do espectro da monitorização JC43.

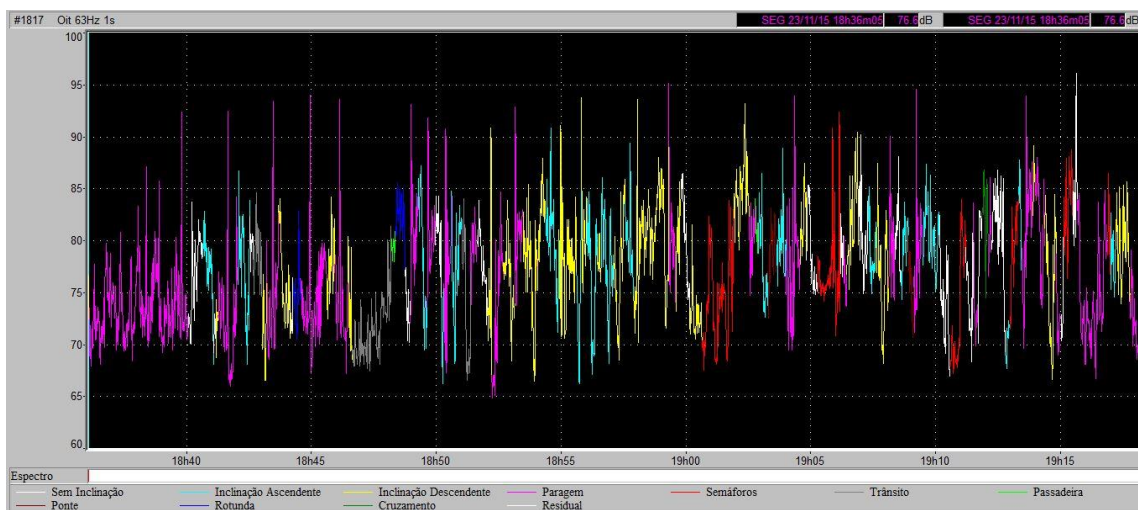


Figura V.48 - Análise do espectro da monitorização JC44.

A Figura IV.49 representa a medição da aceleração no assento do condutor J, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso C.

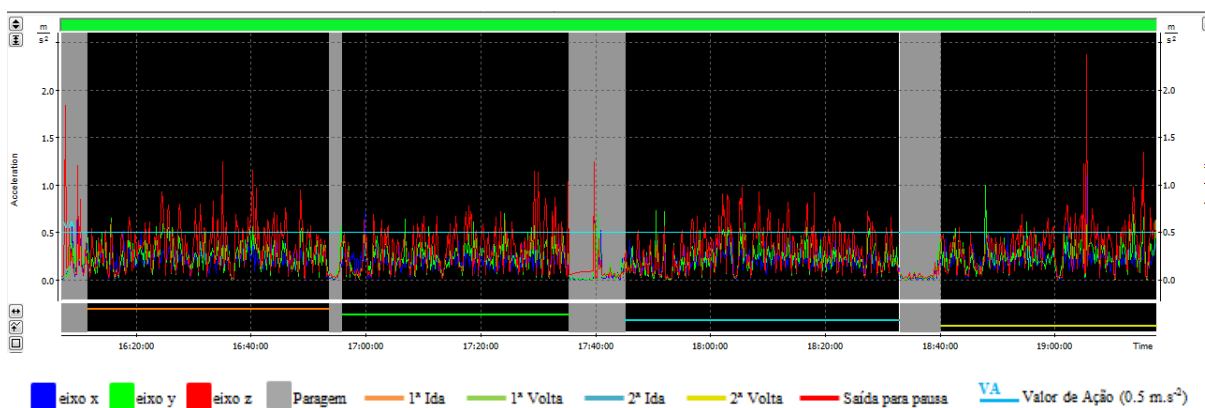


Figura V.49 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do JC.

Nas Figuras V.50 e V.51, respetivamente, é apresentada a variação dos níveis sonoros com o tipo de piso e por fonte, para o condutor K do percurso C.

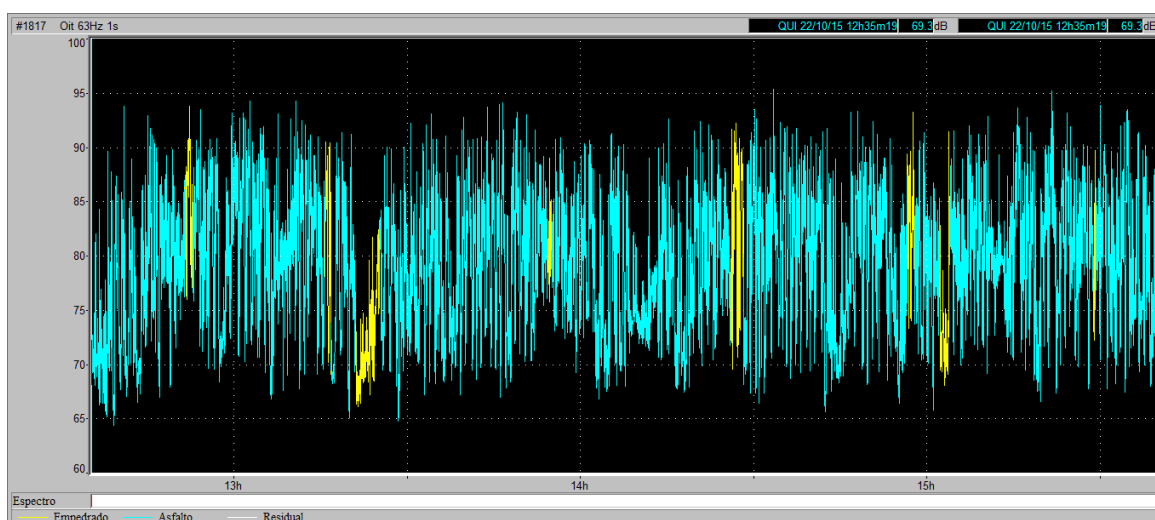


Figura V.50 - Análise do espectro da monitorização KC por tipo de piso.

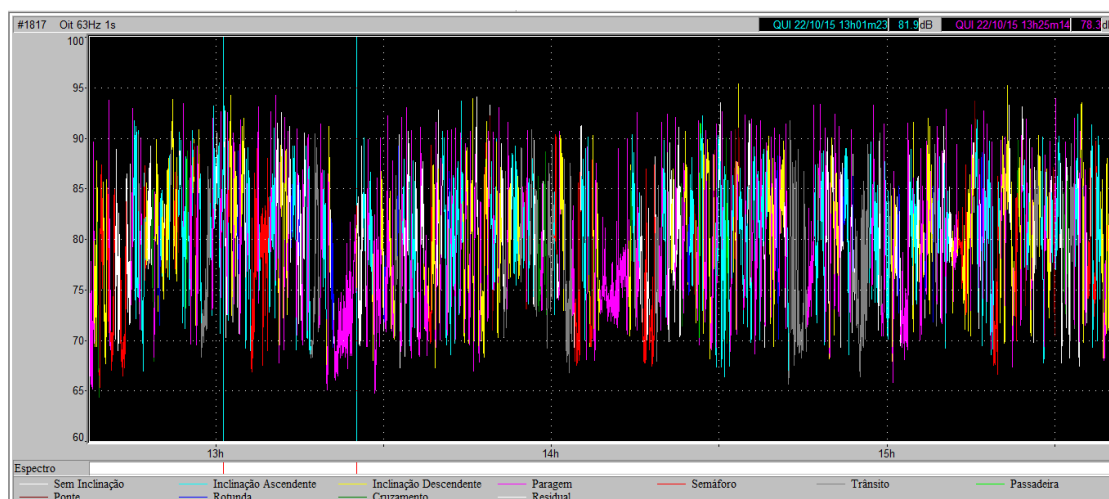


Figura V.51 - Análise do espectro da monitorização KC por tipo de fonte.

Nas Figuras V.52 a V.55 encontram-se representadas as diferentes fontes de ruído identificadas, mas agora por viagem (1ª ida, 1ª volta, 2ª ida e 2ª volta, respetivamente), para o condutor K do percurso C.



Figura V.52 - Análise do espectro da monitorização KC41.



Figura V.53 - Análise do espectro da monitorização KC42.

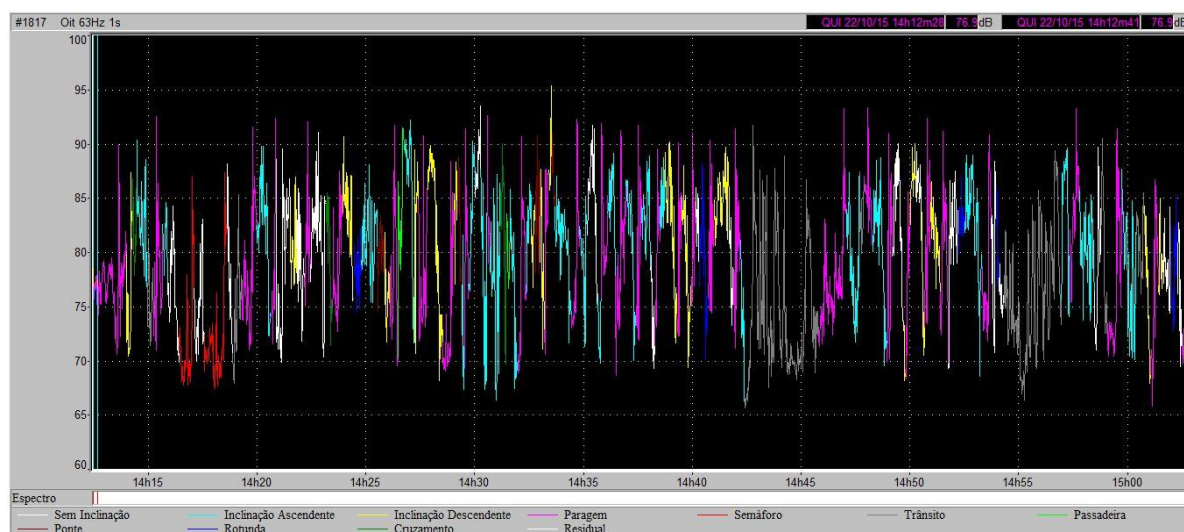


Figura V.54 - Análise do espectro da monitorização KC43.

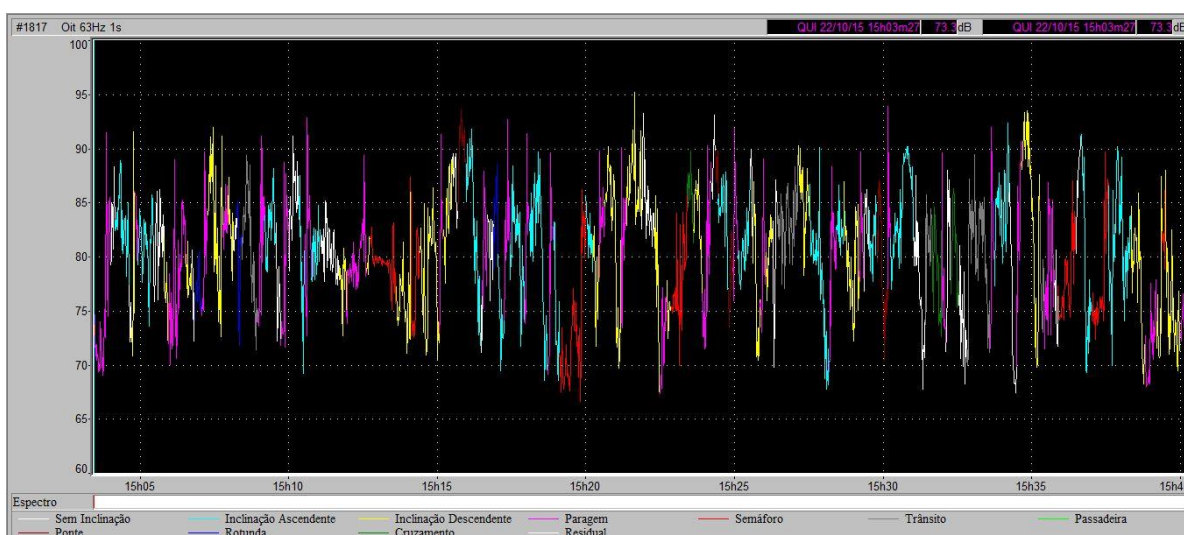


Figura V.55 - Análise do espectro da monitorização KC44.

A Figura V.56 representa a medição da aceleração no assento do condutor K, para cada eixo (x, y e z), durante todo o percurso C.

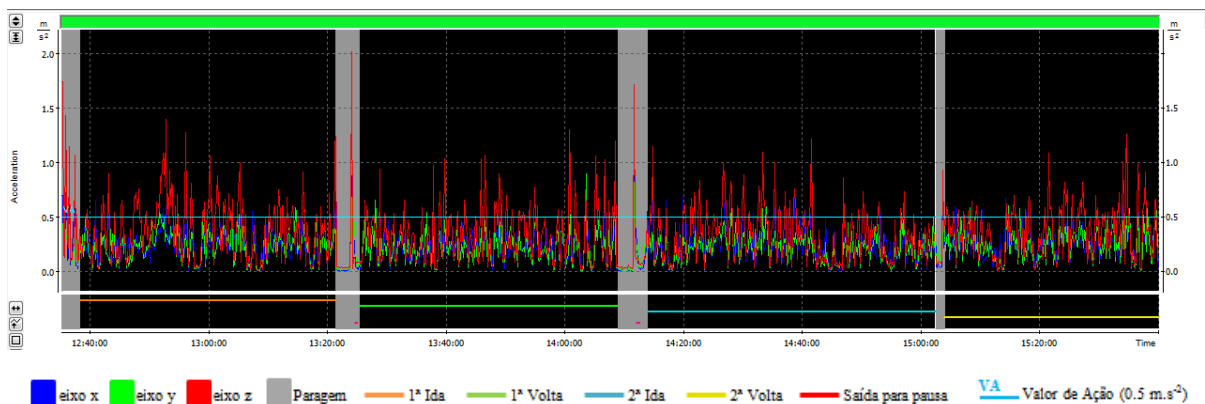


Figura V.56 - Análise da aceleração para os eixos x, y e z no assento do KC.